UNIVERSIDAD
AUTONOMA
METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

DIVISION CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE LUZ NATURAL EN UN EDIFICIO DE OFICINAS

Víctor Hugo Rodríguez González

Tesis para optar por el grado de Maestro en Diseño
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Dr. José Roberto García Chávez
Director de Tesis

Dr. Luis Fernando Guerrero Baca
Dr. Ricardo Aguayo González
Dr. Yasuhiro Matsumoto
M.C. Hugo Solís

México D.F
Marzo 2012

En memoria de la entereza, de la fortaleza, de la lealtad, de la integridad ante el tiempo y la distancia, para ver crecer a los suyos con paciencia de mar, para narrar su historia y su origen, al mismo tiempo que alimenta el orgullo de su sangre en su linaje, de ser fiel a sí misma y tener el temple ante cualquier adversidad, de los momentos que me diste compartiendo tu gran amor y por el privilegio de ver tus ojos para internarme en tu corazón y permanecer ahí, como tú en mí…

Carmen Torres González

Con todo mi esfuerzo y cariño para mi esposa, mi hijo y mis padres, pilares de mi crecimiento…

agradecimientos

En especial a mi mujer **Dania** por su todo en mi vida, a mi hijo **Matias** por su tiempo y paciencia, a los dos por alimentar mis días y recordarme lo sabrosa que es la vida… por su infinito amor, a mis padres **José Rodríguez Torres** y **Rosalinda González Hernández** por su eterno amor, su ejemplo, su confianza, su esfuerzo y su todo para brindarme lo mejor; a todos ellos por forjarme como un ***guerrero de sangre***.

A mi hermana **Nidia** por compartir todo su amor y vida conmigo, a mi cuñado **Galo** por su apoyo, consejos y confianza, a mis sobrinos **Bryant**, **Emyliani** y **José Antonio** por su lealtad infinita y motivación incondicional, a los padres y hermanos de mi mujer **José Luis Velázquez Bernal**, **Maguin Baca Vargas, Erika** y **Peps** por su enorme apoyo, su confianza y entereza. Así como a mis grandes familias **los González** y **los Rodríguez** a cada uno de sus miembros por todo su inagotable amor por ser mis raíces, el origen y el orgullo de mí ser.

Para la realización de esta investigación a mi ***casa abierta a cualquier tiempo UAM-A,*** al Posgrado en Diseño a sus profesores, mis compañeros y con mucho cariño al personal administrativo, al Dr. José Roberto García Chávez por su confianza, al M.D. Alejandro Díaz Báez por todo su apoyo, a mi *brother* **Mane** por su voz de aliento y consejos especialmente en el apoyo de la experimentación así como a su hermano **Marcos**, a **Nacho** por toda su confianza, su enorme cariño y por volar al mismo destino.

Agradezco al tiempo por brindar sabiduría para alimentar el espíritu y poder retribuir con humildad a todo el universo y mis semejantes…

RESUMEN

El consumo mundial de energéticos ubica a los combustibles fósiles (petróleo) en el principal recurso explotado con un 38% y a las energías renovales tan solo con un 9%, de este consumo de energía el 35% se utiliza para la generación de energía eléctrica y un 25% para satisfacer las necesidades de habitabilidad, aunado a eso las edificaciones presentan su mayor consumo de energía por cubrir sus necesidades de iluminación y climatización derivado de factores como la orientación y el contexto urbano circundante. Derivado de lo anterior se planteó la investigación de un dispositivo de alta eficiencia para el aprovechamiento de iluminación natural en un edificio comercial de oficinas de más de cuatro niveles con espacios con disconfort lumínico y que presenta un alto consumo de energía debido a la iluminación eléctrica.

Por lo que se realizó la evaluación lumínica (natural y eléctrica) actual del caso de estudio incluyendo cuales son los requerimientos que indica la norma para poder identificar la zona de influencia como las estrategias de diseño así como la mejor opción de dispositivo a implementar, fabricando un modelo a escala para la evaluación del dispositivo y realizando las pruebas de laboratorio en condiciones similares al caso de estudio. Dichas pruebas comprobaron un incremento en los niveles de iluminación en los espacios con disconfort en periodos laborales donde la utilización de iluminación eléctrica es indispensable para el desarrollo de las actividades por lo que el impacto se refleja en la disminución de costos por consumo de energía eléctrica y bien por el bajo costo en mantenimiento al dispositivo instalado

La construcción del dispositivo es en lamina de acero inoxidable en acabado al alto brillo tipo espejo con un costo de construcción de $250.00 por m^2 y una vida útil de 30 años que representa un ahorro en el consumo de energía eléctrica respecto a la iluminación que abate el 45.0% del costo del dispositivo; respecto al incremento de los niveles de iluminación se registró un 100% y una mejor calidad de iluminación ya que los locales se encontraban en penumbra. Si bien tiene beneficios económicos, la implementación del dispositivo también tiene beneficios ambientales, ya que contribuye a disminuir el consumo de energía y con ello la emisión de gases contaminantes al medio ambiente, siendo beneficios de impacto ambiental y social que pueden tener un valor más alto que los económicos.

ABSTRACT

The world consumption of energetic resources places the fossil fuels (oil) as the principal resource exploited with a 38 % and the renewable energies only with a 9 %, about this energy consumption the 35 % is used for the generation of electric power and a 25 % for satisfying the needs of habitability also commercial buildings present their major energy consumption for covering their needs of lighting and air conditioning affected directly by their orientation and the urban surrounding context. Derivative of this analysis I raised the research of a device of high efficiency to improve the utilization of natural lighting at a commercial building of four levels with spaces (offices) with lighting discomfort and that presents a high energy consumption due to the electrical lighting.

The light evaluation was made (natural and electric) at the current case of study the results were compared whit the requirements that the norm indicates, all this to be able to identify the lighting discomfort zone, the design strategies, and the best option to generate the device to be implemented. I made a scale model of the building for the evaluation of the device and to be able to do the laboratory tests in similar conditions as at the case of study. The above mentioned tests verified an increase of the lighting levels in the spaces with discomfort (offices) during labor periods where the utilization of electrical lighting is indispensable for the business activities; the impact study reflects an important decrease of costs derivate from the consumption of electrical energy and also a low cost of maintenance of the device.

The material used in the device is a high sheen sheet of stainless steel (mirror type) with a cost of 250.00 MEXICAN PESOS per m^2 and a useful life of 30 years which represents a big saving in the consumption of electrical energy related to the lighting of the building and reduce 45.0% the cost of it, about the increase of the lighting levels the result was a 100.0% and a better quality of them at the most affected parts (offices). This device provides economic benefits, and also has environmental ones, since it helps to diminish the energy consumption and with it the emission of pollutant gases to the environment, being these environmental and social impact benefits that can be more valuable than the economic ones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el producir energía eléctrica esta directamente asociado con el consumo de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de las actividades humanas actuales, provocando con esto un deterioro al medio ambiente por las emisiones de CO_2 a la atmósfera, el total de emisiones de CO_2 que se registran en el mundo es de 991 Tn/m^3, de las cuales 4.3 Tn/m^3 corresponden a México.

Así mismo el mayor consumo de energía eléctrica en el mundo se presenta en el contexto edificado, es decir en los espacios de trabajo, esparcimiento y habitabilidad fundamentales para el desarrollo de nuestras actividades, que representa el 30% de la producción de energía eléctrica en el mundo.

Por tal razón, el contexto edificado específicamente el rubro comercial, presenta un área de oportunidad para implementar alternativas y sistemas de alta eficiencia para el aprovechamiento de energías renovables en edificios comerciales, principalmente de oficinas para reducir el consumo de energía eléctrica y contribuir a preservar el medio ambiente.

La investigación se desarrolló en cinco capítulos y las conclusiones generales, en los que se describen las propiedades cualitativas y cuantitativas de la energía solar en su componente lumínica, así también las propiedades físicas de la luz fundamentales para el estudio y análisis de los dispositivos de alta eficiencia para el aprovechamiento de la iluminación natural. Se planteó un caso de estudio ubicado al norte de la ciudad de México que presenta una disposición arquitectónica de cinco niveles y espacios con bajos niveles de iluminación natural.

En el primer capítulo se establece el marco teórico conceptual de los principios básicos de la energía solar así como sus propiedades físicas de la componente lumínica, donde se determina al sol como la principal fuente de energía describiendo sus características su geometría e identificar sus parámetros de medición.

El aprovechamiento de la luz natural para satisfacer las necesidades en el contexto edificado, se determinaron por diferentes variables como los factores climáticos del lugar y sus características, así como las estrategias de diseño que establecen las propias condicionantes

de su contexto inmediato para cubrir los requerimientos mínimos establecidos por la normatividad internacional y nacional, lo cual para esta investigación se desarrollo e el capítulo dos.

En el capítulo tres se desarrollo el análisis de los principios geométricos aplicados a los dispositivos de alta eficiencia, los fundamentos físicos de las propiedades de la luz natural en los cuales se basan el diseño de los dispositivos particularizando en los que se refiere a la reflexión y la refracción de la luz, así como el estudio de los principales dispositivos de alta eficiencia utilizados actualmente para el aprovechamiento de la energía solar en su componente lumínica para proporcionar a los espacios más lejanos a la cubierta del recurso lumínico.

Posteriormente en el capítulo cuatro se describe la elección y justificación del caso de estudio donde fue necesario hacer una evaluación de la situación actual del edificio, incluyendo un levantamiento arquitectónico, que permitió diseñar una metodología de experimentación para diagnosticar la cantidad y la calidad del recurso lumínico natural en el edificio así como evaluar la iluminación eléctrica actual realizando el calculo del gasto energético por concepto de iluminación eléctrica; dicho diagnostico permitió ubicar la zona con problemas respecto a bajos niveles de iluminación para poder establecer las estrategias de diseño particulares, resultando la zona sur central del edificio la más afectada por las propias características arquitectónicas concluyendo que la estrategia de diseño para proveer de recurso lumínico a los espacios con esa orientación es la iluminación cenital debido a las condiciones físicas y arquitectónicas del edificio caso de estudio. Así también se realizó el estudio climático respecto de la ubicación del caso de estudio y la geometría solar con respecto a la latitud del edificio y poder trazar la incidencia solar.

En el capítulo cinco se describe la metodología de la investigación el procedimiento de experimentación que incluyó la elaboración de un modelo a escala 1:25 (maqueta) del edificio caso de estudio el cual debería cumplir con la mayor similitud respecto del caso de estudio; seleccionando materiales y diseñando un sistema constructivo propio de la maqueta con la finalidad de ser reversible su armado y facilitar el manejo de la misma para su traslado y maniobra al momento de la evaluación el cual al ser evaluado cumplió con la similitud del caso de estudio ya que la calibración del modelo consistió en la verificación del comportamiento del factor día entre el modelo a escala y el edificio caso de estudio.

El estudio de los dispositivos de alta eficiencia existentes y la evaluación lumínica del caso de estudio permitieron poder seleccionar dos dispositivos para su valoración mediante un experimento que consistió en evaluar un área representativa a los locales del edificio caso de estudio y poder determinar cual era la mejor opción, los resultados obtenidos entre dicha evaluación de un ducto lumínico (cajillo) y un luminoducto indicaron que el ducto era la mejor opción ya que la cantidad y calidad de luz proporcionada fueron mayores.

Posteriormente con la selección del dispositivo que mejores resultados ofrecía, se procedió al diseño del Sistema Integral, en donde se consideraron aspectos de diseño de la experimentación en la elección del mejor dispositivo, como las dimensiones propias del ducto que estas cumplieran conforme a las normas de construcción, así también los materiales utilizados que garantizaran la reflexión, el diseño de la parte superior del ducto área de captación y el diseño arquitectónico, como resultado de lo anterior se propuso un Sistema Integral que comprende el área de captación o coronamiento del ducto con una inclinación correspondiente a la latitud del lugar (19°28”), un ducto de 0.60m de ancho con 3.30m de largo a paños interiores y un desarrollo de 10.10m en tres niveles del edificio, así como unas pantallas refractoras que permitieron uniformizar y distribuir la luz natural al interior de los espacios.

El Sistema Integral se fabricó en lámina de acero inoxidable especificación TA-430 acabado espejo y las micas de acrílico para los difusores refractivos el cual se integro al modelo a escala para su valoración cuantitativa y cualitativa, el sistema constructivo propio del modelo a escala permitió implementar el Sistema Integral con cierta facilidad, el cual fue evaluado con las mismas condiciones de cielo despejado, cabe aclarar que el Sistema Integral esta diseñado para su funcionamiento en condiciones de cielo despejado y no en seminublado o nublado ya que la componente que se requiere es la lumínica directa la luz difusa no garantiza el correcto desempeño del sistema. Los resultados obtenidos en dicha evaluación se compararon con los obtenidos en la evaluación del caso de estudio para determinar la viabilidad técnica del dispositivo, considerando la misma construcción del Sistema y los beneficios obtenidos respecto a la cantidad y calidad del recurso lumínico, los beneficios económicos que pudiera tener referente al consumo de energía eléctrica y la posible aplicación del sistema en edificios similares.

1. ANTECEDENTES

1.1 El sol como fuente de energía.

El sol se puede considerar como una fuente inagotable de energía desde la percepción del ser humano, debido a las reacciones nucleares de la fusión de átomos de deuterio los cuales producen átomos de helio. La energía producida es irradiada y parte de esta llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética al exterior de la atmósfera con una potencia aproximadamente de 1.73 x 10^4 kW (Figura 1); el Sol irradia en un segundo más energía que la consumida por el ser humano en toda su historia (Ibañez, 2005).

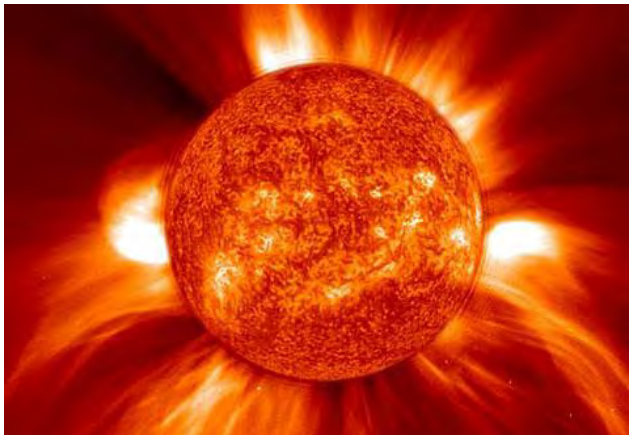


Figura 1. Radiación Solar

1.1.1 Energía Solar. Características.

El sol es una inmensa esfera de gases a alta temperatura con un diámetro de 1.39 x 10^9metros con una distancia media de 1.5 x 10^{11}metros de la Tierra equivalente a un viaje de 8 minutos a la velocidad de la luz para un observador terrestre el disco solar subtiende un ángulo de aproximadamente 32 minutos.

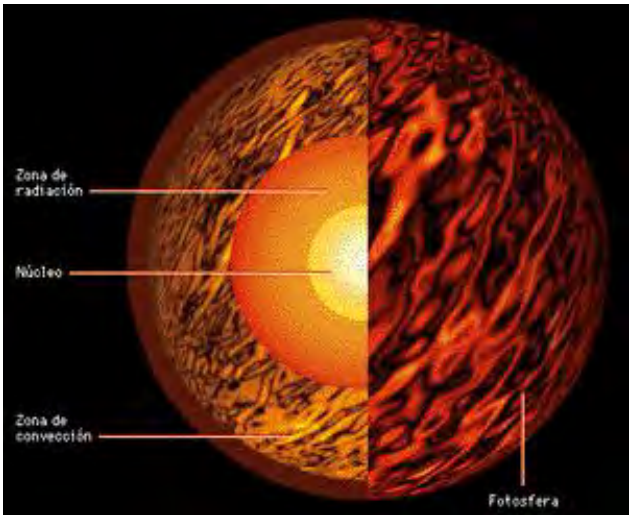


Figura 2. Estructura Física del Sol

El núcleo solar es la región comprendida dentro del 23% de su radio, a partir del centro, este corresponde a tan sólo el 15% del volumen pero contiene el 40% de la masa y genera el 90% de la energía total (Figura 2), en esta región del astro la temperatura es aproximadamente de 10^7K con una densidad de 10^5kg m^{-3}. Y a una distancia del 70% del radio solar, la temperatura es de unos 10^5K con una densidad de 70kg m^{-3} esta región es nombrada como *fotosfera* y es considerada como la superficie del Sol sin embargo, no

hay superficie física claramente definida, como la hay en la Tierra, pero existen también gases en condiciones tales que son esencialmente transparentes constituyen la corona solar (Figura 3).

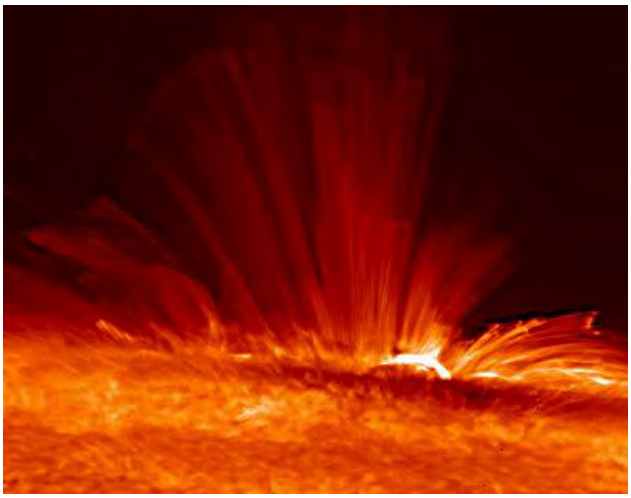


Figura 3. Corona Solar

El sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio, pero la fotosfera determina el flujo de la energía ya que se encuentra próxima a los 6000K de temperatura y por consiguiente las propiedades responden a un cuerpo a esa temperatura. Esta distribución espectral hace que se considere que la *radiación solar* o de onda corta se encuentre en un rango de longitudes entre los 0.3µm y 4µm, aun cuando se recibe pequeñas cantidades de energía en otras zonas diferentes del espectro. La radiación emitida desde el núcleo del Sol está localizada en la zona del espectro correspondiente a los rayos gamma y rayos X, de manera que la longitud de onda aumenta en medida que la temperatura desciende al alejarse del núcleo solar.

El máximo de emisión de un cuerpo negro se desplaza hacia longitudes de onda mayores a medida que disminuye su temperatura, esto según la Ley de Wien, las ondas electromagnéticas que transportan mayor cantidad de energía tienen una longitud de onda aproximadamente de 0.55µm.

La distribución temporal de la energía solar que alcanza la superficie es muy irregular no solamente varía la insolación máxima diaria, que se refiere a las horas en las que el sol está por encima del horizonte del lugar, si no que la radiación solar es más o menos atenuada según la composición instantánea de la atmósfera que atraviesa (IDEM). En valores porcentuales se refiere a que solo el 47% de la radiación total que incide sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie del planeta, de la cual solo el 31 % lo hace directamente y el otro 16% se dispersa por polvo en suspensión, vapor de agua y moléculas de aire que se encuentran en la atmósfera

terrestre, la energía restante el 53% es reflejada hacia el espacio exterior o absorbida en la atmósfera (Figura 4).

A consecuencia de la interacción de la radiación solar con la atmósfera la energía que llega a la superficie terrestre tiene diferentes componentes, nombradas como la *radiación directa*, la cual no ha sufrido ningún cambio y llega a la superficie en la dirección del disco solar, y la *radiación difusa* que procede del resto de la direcciones de la bóveda celeste y que en conjunto las radiaciones que alcanzan a llegar a la superficie terrestre se le denomina *radiación global*.

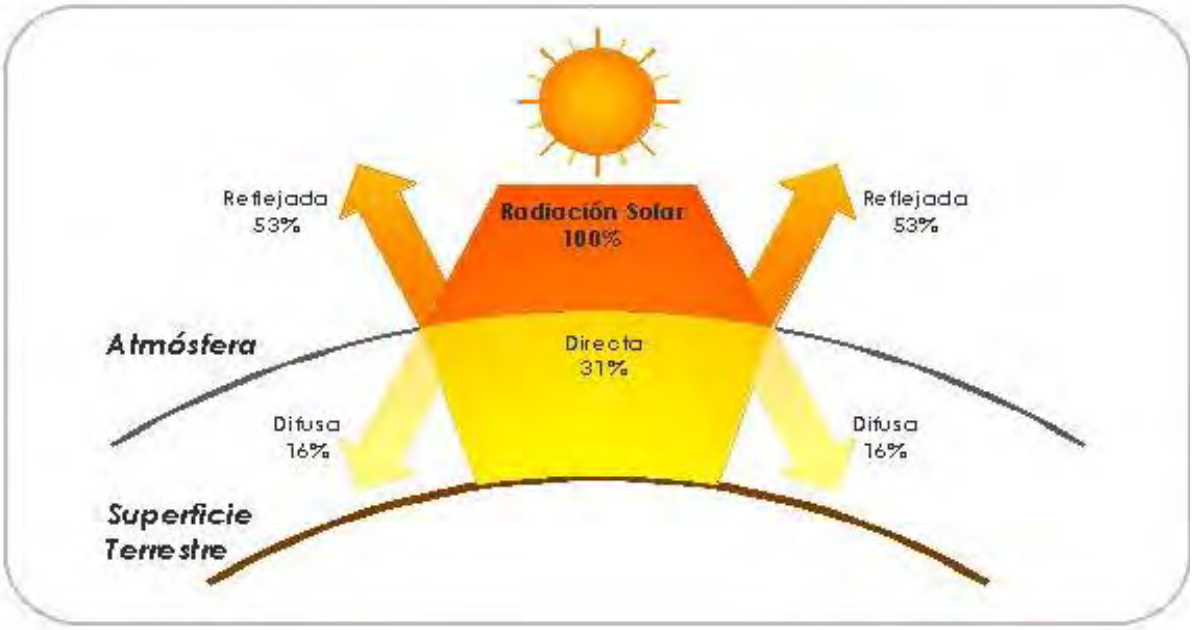


Figura 4. Atenuación de la radiación por la atmósfera

La potencia de la radiación solar que se recibe en un instante determinado sobre un metro cuadrado de superficie se conoce como *irradiancia* (I_s) y se expresa en Wm^2, la cual dependiendo de las condiciones geográficas del lugar se determinan los valores. Existe un cinturón delimitado aproximadamente por las latitudes 32° Norte y Sur, en el cual se encuentran ubicadas las regiones geográficas con la mayor irradiancia, México se ubica dentro de esa zona lo que representa una ventaja con respecto al uso y aprovechamiento de la energía solar en sus dos componentes, *térmica* y *lumínica* (Figura 5). Con lo anterior para una distancia media Tierra-Sol el valor de la irradiancia en un plano exterior a la atmósfera y ortogonal a los rayos del sol se conoce como *Constante Solar* (Ss), el valor determinado por la NASA para la constante solar es de 1.353 Wm^2 (±1.6%).

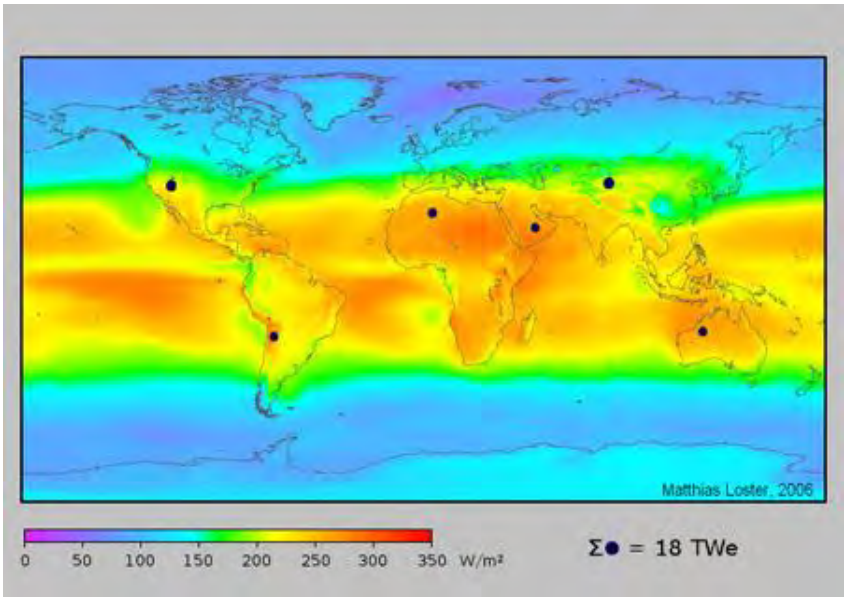


Figura 5. Irradiancia Global

La atmósfera terrestre está constituida por gases, nubes y partículas sólidas en suspensión los cuales como partes constituyentes de la atmósfera provocan la atenuación de la radiación. La irradiancia se atenúa disminuyendo su valor respecto al dado en la cima de la atmósfera donde en las condiciones más óptimas en cuanto a la transmisión atmosférica la atenuación de la radiación hasta la superficie es de un 25%, por ello un irradiancia de 1000 Wm^2 se utiliza como valor estándar.

El porcentaje de la energía solar que se refleja en una superficie respecto al total incidente, llamado *reflectividad* depende de la longitud de onda de la radiación y de la propia naturaleza de la superficie. Las diferentes reflectividades en función de la longitud de onda dan lugar a signatura espectral de una superficie y la reflectividad global considerando todo el espectro de radiación solar se conoce como *albedo* de la superficie, (Tabla 1).

ALBEDO DE DIFERENTES MATERIALES CONSTRUCTIVOS			
Ceramica Vidriada Blanca	0.74	Asbesto rojo	0.31
Arcilla encalada	0.54	Marmol blanco	0.56
Tabique rojo	0.32	Granito rojizo	0.45
Concreto aparente	0.35	Madera	0.22
Pavimento	0.15	Aluminio	0.85
Pavimento desgastado	0.18	Hierro galvanizado	0.35
Placa negro mate	0.13	Acero	0.80
Placa verde	0.14	Cobre	0.74
Asbesto blanco	0.39	Pintura de aluminio	0.46

Tabla 1. Albedo de diferentes materiales constructivos
Fuente: FUENTES, V., (2004) Clima y Arquitectura, Universidad Autónoma Metropolitana, México.

El porcentaje en la radiación global de las componentes depende de las condiciones meteorológicas. Cuanto más nublado es el día más importante es la radiación difusa y por el contrario en días despejados la componente directa representa el porcentaje mayoritario (Tabla 2).

IRRADIANCIA GLOBAL Y DIFUSA EN DIFERENTES CONDICIONES		
Condiciones Climatológicas	**Irradiancia (Wm^{-2})**	**Componente difusa (%)**
Cielo Abierto	750-1000	10-20
Parcialmente Nublado	200-500	20-90
Cielo Nublado	50-150	90-100

Tabla 2. Valores de irradiancia en diferentes condiciones climatológicas
Fuente: IBAÑEZ, M.,(2005) Tecnología Solar, Colección Energías Renovables, Ed Mundi-Prensa Madrid, España

La irradiación (H_s) corresponde al valor acumulado de la irradiancia en un intervalo de tiempo determinado, las redes de estaciones meteorológicas automáticas (EMA) miden la irradiancia, y el valor instantáneo de la energía solar que alcanza la superficie, que es almacenada, filtrada y puesta a disposición de los usuarios como irradiación en base horaria, diaria o mensual.

1.1.2 Trayectoria y geometría solar.

Otro factor que determina la incidencia de la radiación es el movimiento aparente del Sol a través de la bóveda celeste a lo largo del día y del año. La Tierra describe un movimiento de traslación alrededor del sol que sigue una trayectoria en forma de elipse, con una excentricidad de un 3% donde la línea imaginaria que representa la órbita descrita se llama *eclíptica*.

En su movimiento de traslación el eje de rotación terrestre forma siempre el mismo ángulo de 23º45’ con la perpendicular la plano de la eclíptica mientras que el ángulo que forma el plano de la eclíptica con el plano del ecuador varía a lo largo del año, este ángulo conocido como declinación varía entre -23º45’ el día del solsticio de invierno y 23º45’ el día del solsticio de verano. Los trópicos de Cáncer (23º45’ Norte) y de Capricornio (23º45’ Sur) corresponden a lugares extremos de latitud tal que el sol se sitúa en la perpendicular al plano del horizonte un instante al año, al mediodía del solsticio de verano y de invierno respectivamente (Figura 6).

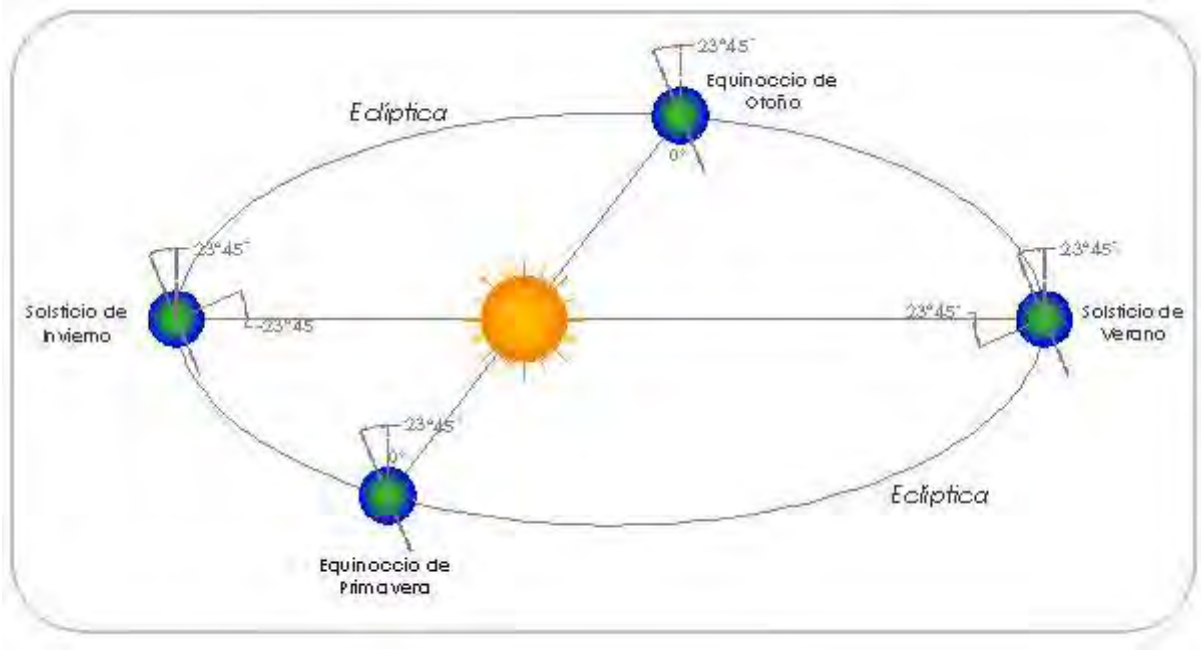


Figura 6. Movimiento de rotación de la Tierra alrededor del Sol

Desde el punto de vista de un observador sobre la superficie de la Tierra, el Sol parece describir un arco de círculo desde su salida (orto) hasta su puesta (ocaso) a la mitad de este recorrido, a mediodía solar, se sitúa por definición el plano meridiano local, la vertical del observador sobre la superficie terrestre intersecta a la bóveda celeste en un punto llamado *cenit* (Figura 7). El eje de la Tierra forma un ángulo igual a la latitud del lugar (ø) con el plano del horizonte del observador.

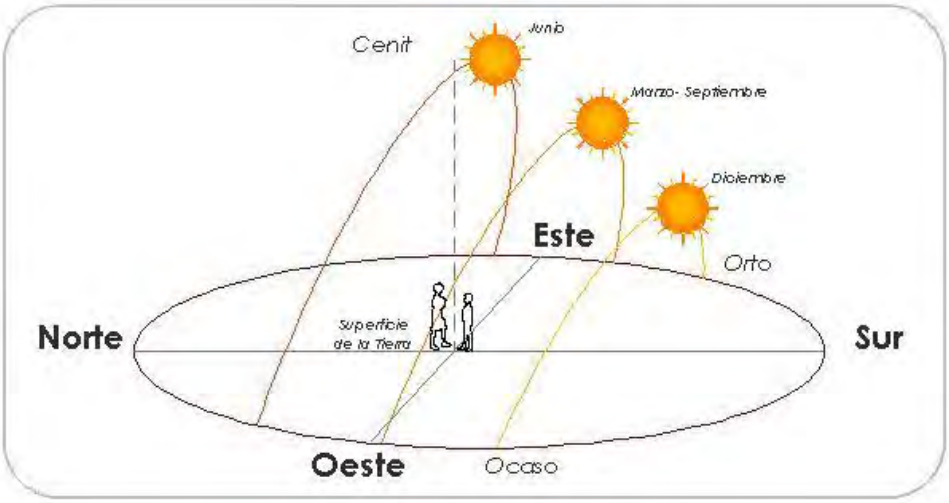


Figura 7. Trayectoria solar sobre el plano del observador

La posición del sol se puede referir en dos sistemas de coordenadas centradas en el observador según el sistema de referencia escogido, horarias (*$б_s$ declinación, ω_s ángulo horario*) y horizontales (*h_s altura solar, a_s acimut*), estas coordenadas determinan el vector solar entendido como un vector con origen en el observador y extremo en el Sol.

1.2 El fenómeno de la Luz.

Existen dos tipos de objetos ***luminosos*** y ***oscuros***, es decir, algunos objetos son focos o fuentes de luz y otros solo reciben la luz proveniente de las fuentes, la mayoría de los objetos que vemos a nuestro alrededor no son emisores de luz, los vemos gracias a luz que proviene de las fuentes.

La luz se propaga a partir de las fuentes en todas las direcciones posibles, se propaga, sin detenerse, a través de la atmósfera y a un donde no hay atmósfera y se sigue propagando indefinidamente mientras no se encuentre con un obstáculo que le impida el paso (Cetto, 1987). Además la luz viaja en línea recta mientras no haya algo que la desvíe o cambie el medio en que se propaga (Figura 8).

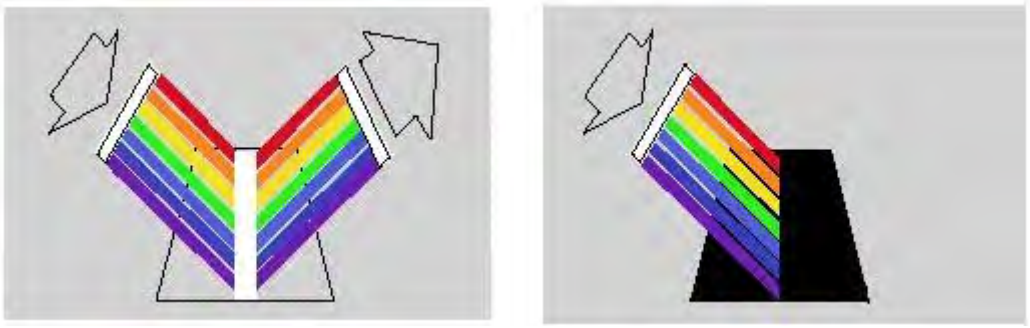


Figura 8. Propagación de la luz

1.2.1 Naturaleza de la luz.

Se puede definir la ***luz blanca*** la proveniente del sol, Isaac Newton fue quien por primera vez realizó el experimento de incidir un haz de luz sobre un prisma de vidrio, resultando el ***espectro solar visible*** (Savioli, 1993). Lo que sucede en este experimento es la refracción de la luz dos veces, al entrar en el prisma y al salir de él; descomponiendo el haz de luz en todos los colores del espectro (Figura 9).

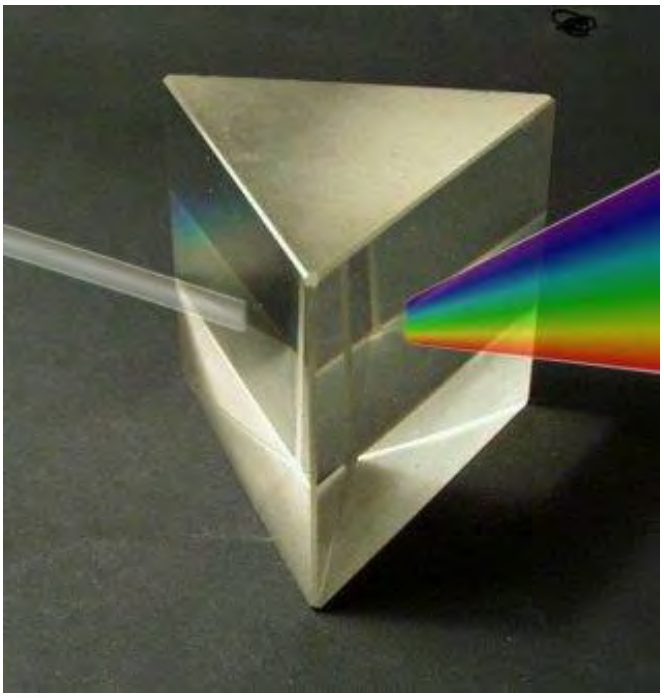


Figura 9. Espectro solar visible

En otras palabras el prisma dispersa la luz en forma de abanico, separándola en cada uno de sus colores; donde la componente rojo es la menos refractada y la componente violeta es la mayor refractada.

Esta observación nos indica que el índice de refracción es distinto para cada uno de los colores; cuando se habla del índice de refracción generalmente se utiliza como referencia la luz amarilla (emitida por el sodio).

1.2.2 Características de la luz.

Físicamente la luz es una porción del espectro de radiaciones electromagnéticas, las cuales están compuestas por rayos cósmicos, X, ultravioletas, luz visible, infrarrojos, ondas de radio y ondas eléctricas, que se ubican en ciertas longitudes de onda. Son campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio propagándose en forma de oscilaciones o vibraciones, de ahí la asociación con el término de ***energía radiante.***

El espectro solar visible considerando la teoría electromagnética, forma parte del ***espectro electromagnético*** (IDEM) (Figura 10), el cual al provenir de una fuente de energía radiante y en diferentes tipos de radiación como producto de vibraciones que pueden tener la misma velocidad pero diferentes frecuencias y por lo tanto diferentes longitudes de onda.

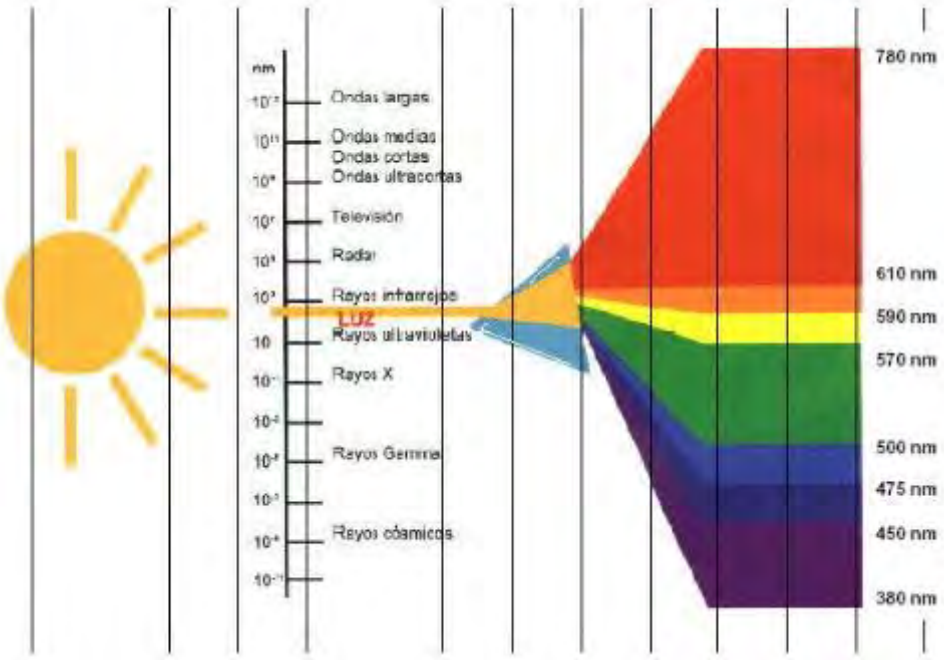


Figura 10. Espectro electromagnético

En primer lugar observamos que la luz siempre lleva asociado algún color, o una combinación de ellos; esto sugiere que el color a de estar relacionado con alguna propiedad física de la luz. En ocasiones el color de la luz es difícil de definir a simple vista, pero se puede determinar que proporción de cada color esta contenida en un haz de luz. La luz emitida por un foco o fuente de luz tiene un color que depende del material que la constituye, del mecanismo de emisión y de condiciones físicas como la temperatura de la fuente (Cetto, 1987).

Si consideramos una fuente de luz color rojo como fuente emisora algunos objetos iluminados con esta luz se verán más claros pero todos se verán del color rojo, esto indica que los objetos no cambian el color de la luz que les incide, solo afecta su intensidad y su brillo; las superficies que aparecen más claras son las que reflejan más luz y absorben menos luz. Ahora si consideramos una fuente de luz color verde algunos objetos que se veían claros ahora se ven oscuros y viceversa esto indica que algunas superficies reflejan mejor la luz verde que la roja; ahora si se colocaran tres luces una de color rojo, otra de color verde y una de color azul, las superficies blancas son las que reflejan una proporción diferente de todos los colores y las oscuras no reflejan ninguno por que las absorben.

En esta superposición de los colores proporcional el resultado es blanco, de ahí que el color rojo, verde y azul sean los ***colores primarios*** (Figura 11).

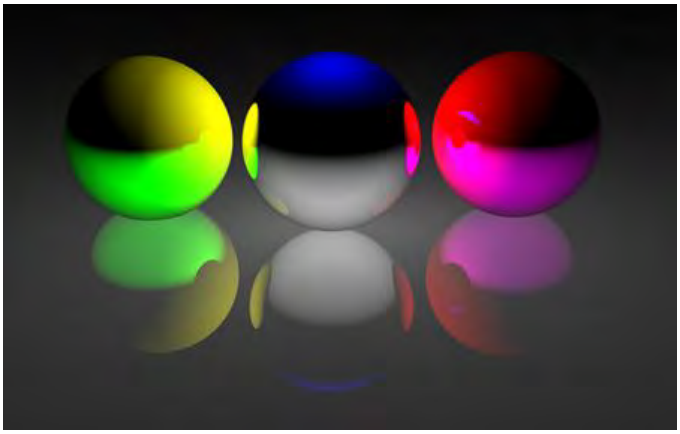


Figura 11. Colores primarios

Los colores en la bóveda celeste se deben a un fenómeno llamado ***dispersión*** de la luz solar por la atmósfera; siempre que un haz de luz atraviesa un gas las moléculas desvían una parte de esa luz en todas direcciones, mientras más denso es el gas mayor es la dispersión de la luz. También los líquidos y los sólidos transparentes dispersan una fracción de la luz que los atraviesa, sobre todo si tienen impurezas; cuando la dispersión es alta ya no se habla de materiales transparentes si no traslúcidos: aquellos que transmiten la luz de manera difusa.

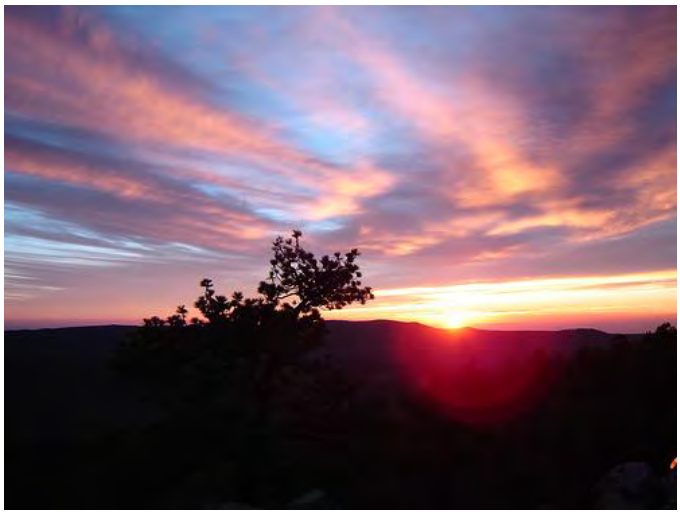


Figura 12. Dispersión de la luz solar por la atmósfera

El efecto de dispersión por la atmósfera es más notable en la luz violeta y azul que en el resto del espectro; por ello aunque la luz solar sea blanca, el sol tiene un tono amarillento cuando lo miramos de frente debido a que pierde una parte de su componente azul y en cambio la luz dispersada por la atmósfera que ilumina la bóveda celeste es azul (Figura 12).

Al acercarse el sol al horizonte, la luz que nos llega tiene que atravesar una capa más gruesa de atmósfera, por lo que la dispersión aumenta; la mayor parte de la luz violeta, azul y verde es desviada de manera que solo penetran los colores con tonos amarillos y rojos debiéndose a esto el color de los ocasos (Figura 13).

La dispersión producida por partículas más grandes es más irregular y afecta a todos los colores por igual, por eso cuando hay vapor de agua o partículas de polvo en la atmósfera, la bóveda celeste pierde su tonalidad azul, adquiriendo una tonalidad blanquecina y difusa; y cuando estas partículas adicionales a la atmósfera además de dispersar absorben una mayor fracción de la luz la tonalidad cambia a gris.

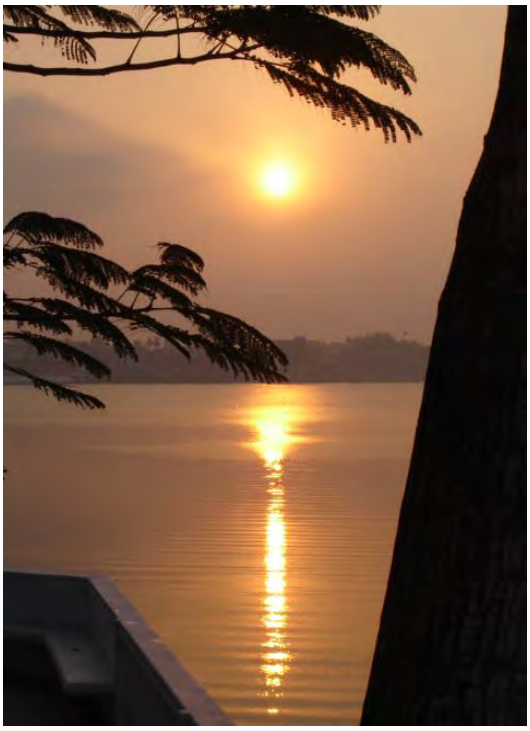


Figura 13. Ocaso

1.3 Luz y materia. Óptica.

Algunos de los objetos de los llamados oscuros que no permiten el paso de la luz, se puede deber a dos razones: ya sea que el objeto refleje la luz que incide sobre su superficie o la absorba, en realidad, la mayoría de los cuerpos opacos reflejan la luz que les llega y absorbe el resto; la luz que absorbe un objeto ya no regresa, claro que si un objeto absorbiera toda la luz quedaría totalmente oscuro.

No todos los objetos son opacos, los hay también transparentes, que son los que dejan pasar la luz o una fracción de ella, la atmósfera es transparente así como otros gases, también lo son algunos líquidos como el agua y el alcohol, y algunos sólidos como el vidrio y la lucita. Habría que aclarar que estos objetos no son perfectos transmisores de la luz, el único medio que deja pasar toda la luz sin absorberla es el vacío, donde no hay materia.

De la luz que entra en un medio transparente, una parte es absorbida por los átomos que están en el medio y esa ya no la vemos salir, otra fracción de luz que incide es reflejada por la superficie del medio, sin entrar en él, aunque sea transparente; de manera que la luz que logra atravesar el medio es sólo aquella que no ha sido ni absorbida ni reflejada.

Los materiales transparentes tienen otro efecto interesante sobre la luz: la refractan, eso significa que al entrar la luz en el material cambia su dirección de propagación mientras esta

sigue viajando en el material se propaga en línea recta y ya no se desvía, pero si llega, a cambiar de medio de refracta otra vez.

1.3.1 Reflexión

Todo cuerpo opaco o transparente refleja una parte de la luz que incide sobre él; la mayoría de las superficies de los cuerpos son ásperas o irregulares y producen por ello una reflexión difusa (Figura 14), enviando la luz reflejada en todas las direcciones posibles, gracias a esto podemos ver las superficies iluminadas.

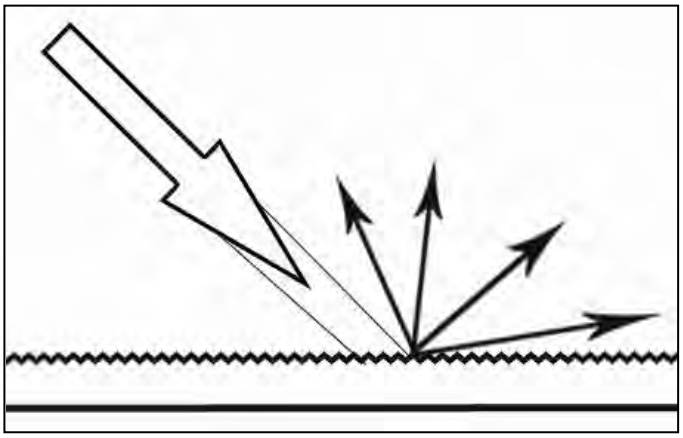


Figura 14. Reflexión difusa

Una superficie lisa y bien pulida produce una ***reflexión regular***, la luz que incide en una dirección determinada, la refleja en otra dirección bien determinada. En este caso lo que se pone de manifiesto con la reflexión no es la superficie reflectora, sino los objetos cuyas imágenes se ven reflejadas, de hecho, un reflector perfectamente liso y limpio es invisible, como lo es un espejo, sólo nos permite ver la imagen reflejada. Este tipo de reflexión llamada especular ha llamado la atención desde tiempos inmemoriales, y ha tenido múltiples aplicaciones en ámbitos tan variados como el arte, el transporte, las comunicaciones, etc.

La ***reflexión especular*** sigue un par de leyes muy simples; la primera ley nos dice que el rayo incidente y el reflejado se encuentran siempre sobre el mismo plano; la segunda ley nos dice, que el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales (Figura 15).

Como resultado de estas leyes, tenemos que un espejo plano produce imágenes fieles de los objetos, ni los deforma ni los cambia de tamaño. Lo que sí hace la reflexión es invertir el sentido de lo que llamamos derecha e izquierda; que bien nos damos cuenta cuando queremos hacer determinado movimiento frente a un espejo, o al tratar de descifrar un texto de una imagen reflejada.

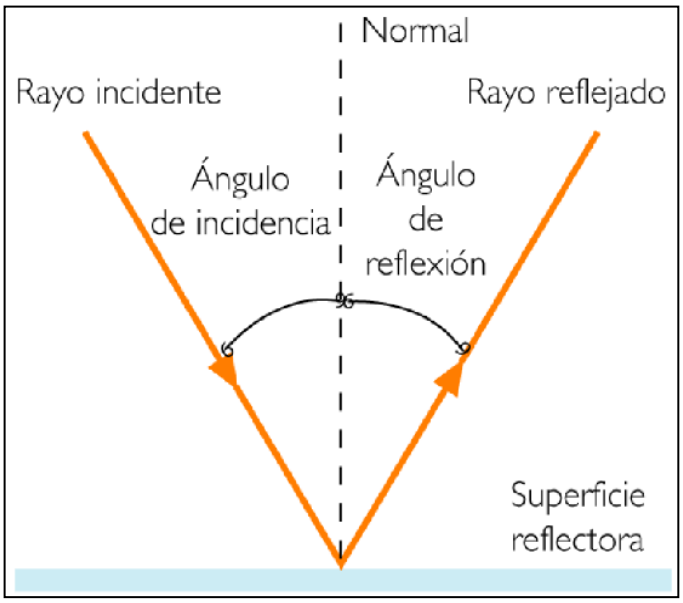


Figura 15. Principios físicos de la reflexión

La imagen producida por un espejo plano tiene una característica asombrosa: parece estar atrás del espejo, siendo que los rayos de luz que nos llegan parecen provenir de atrás del espejo; a este tipo de imagen que no está ahí, pero aparenta estarlo, se le suele llamar ***imagen virtual*** (Figura 16).

1.3.2 Refracción

La ***refracción*** cumple un par de leyes, la primera de ellas no dice que el rayo incidente y el refractado están sobre el mismo plano; en la segunda interviene un parámetro que caracteriza al medio, el ***índice de refracción n***.

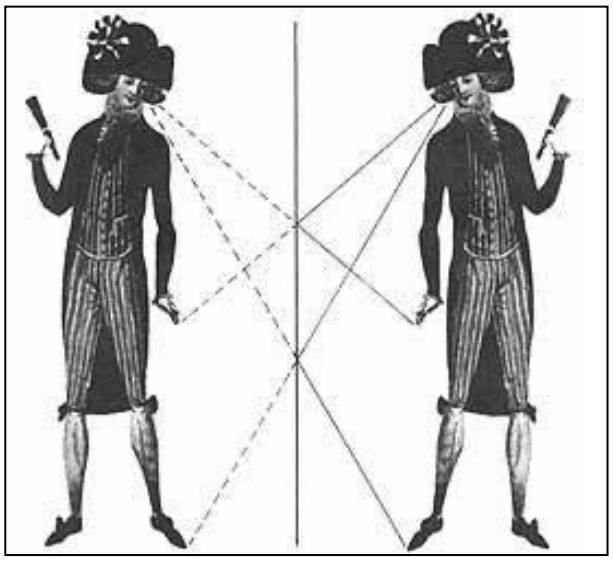


Figura 16. Reproducción de imagen virtual

1.3.2.1 Índice de refracción

Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro con diferente ***índice de refracción***, se desvía (Figura. 17). Sí el índice de refracción el segundo medio es mayor que el del primero, el rayo se desvía, alejándose de la superficie entre los medios, o sea acercándose a la normal. Cuando disminuye el índice de refracción sucede lo contrario, el rayo se acerca a la superficie.

El índice de refracción se determina usando como referencia el del vacío, al que se le asigna el valor de ***n=1***; así el índice del aire es un poco mayor a 1, el del agua es de 1.33 y el del vidrio es aún mayor.

En general el índice de refracción de los materiales es mayor que 1 aunque en algunas circunstancias especiales puede llegar a ser menor que 1.

1.3.3 Absorción

Es la parte retenida de la luz en el mismo material (Figura. 18). Los denominados cuerpos negros tienen la mayor absorción, ya que no reflejan ni prácticamente transmiten luz.

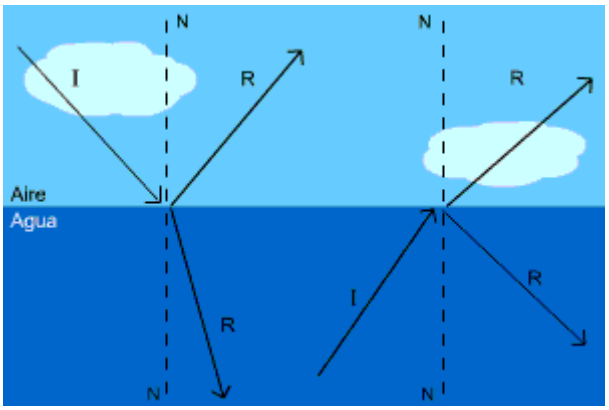


Figura 17. Refracción

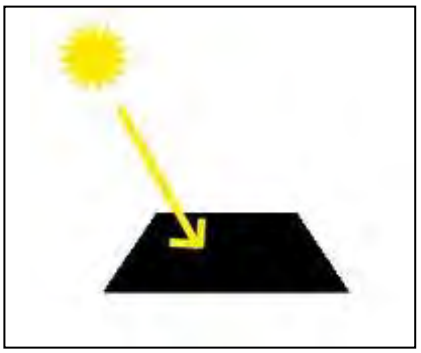


Figura 18. Absorción

1.4 Parámetros luminicos

1.4.1 Intensidad Luminosa

Se define como la intensidad de un cuerpo negro emisor, así como la capacidad de una fuente luminosa de emitir luz en una determinada dirección, medida en lumen por ángulo sólido.

1.4.2 Flujo Luminoso

Se define como la cantidad de energía radiante visible, determinada por la proporción de tiempo de su flujo.

1.4.3 Iluminancia

Es la cantidad e flujo luminoso (lm) que incide sobre una unidad de área (m^2) que equivale a la unidad de iluminancia en el Sistema Internacional de Unidades: el lux, también se puede decir que la iluminancia es la densidad o concentración de flujo luminoso sobre una superficie.

1.4.4 Luminancia

Es la medida de la brillantez o luminosidad de una superficie que indica el grado de luminosidad que el ojo humano percibe de una superficie, también este parámetro se refiere a la cantidad fotométrica de la sensación visual subjetiva, así se puede decir que la luminancia reflejada de una superficie depende de la iluminancia incidente sobre la misma y de la reflectancia de la misma.

1.4.5 Temperatura de color

La Temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un Cuerpo Negro calentado a una temperatura determinada. Generalmente se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura Generalmente no es perceptible a simple vista, sino mediante la comparación directa entre dos luces.

1.4.6 Índice de reproducción cromática

El índice de reproducción cromática (IRC) indica la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal. Indicar el aspecto de los colores bajo distintas fuentes de luz.

1.4.7 Eficacia luminosa

Es la relación existente entre el flujo luminoso en lúmenes (lm) emitido por una fuente de luz y la potencia en vatios (w), se expresa en lúmenes/vatio (lm/w).

2. LA LUZ NATURAL EN LA ARQUITECTURA

2.1 Ahorro de energía y confort lumínico.

Si bien consideramos a el sol como la principal fuente de energía, por las reacciones nucleares de la materia gaseosa que lo constituye, y que esta energía llega a nuestro planeta en forma de radiación electromagnética, derivada en dos componentes la térmica y la lumínica, está ultima como luz natural, podemos considerar a este recurso como uno de los más abundantes de energías renovables (García, 2000).

Este pensamiento y conceptualización del aprovechamiento de la energía solar ha generado a lo largo de la historia de la humanidad una cosmovisión de la importancia de este recurso para el desarrollo del hombre, que en algunas culturas a sido motivo de culto y adoración como símbolo de vida y fuerza (Figura 19), lo cual ha determinado un desarrollo cultural y científico de muchas civilizaciones, siendo en todas una constante el estudio y conocimiento del movimiento del sol, la orientación, los aspectos naturales como la producción agrícola, las estaciones del año, periodos de lluvias que se vinculan con el movimiento de la Tierra respecto del Sol (Rodríguez, 2001), que son factores determinantes en la supervivencia y el desarrollo de las ciudades.

Figura 19. Piedra del Sol o Calendario Azteca

En civilizaciones antiguas como las culturas Teotihuacana, Maya y Mexica para la construcción de sus templos la orientación de estos estaba relacionada con este movimiento de los astros en las diferentes estaciones (Figura 20), con lo que se demuestra el grado de conocimiento de la geometría solar y la astronomía desarrollada por las culturas mesoamericanas, así también de manera implícita el trazo de las ciudades estaba determinado por la misma orientación de los templos (Figura 21), con lo que se tenia un aprovechamiento de la energía solar y de

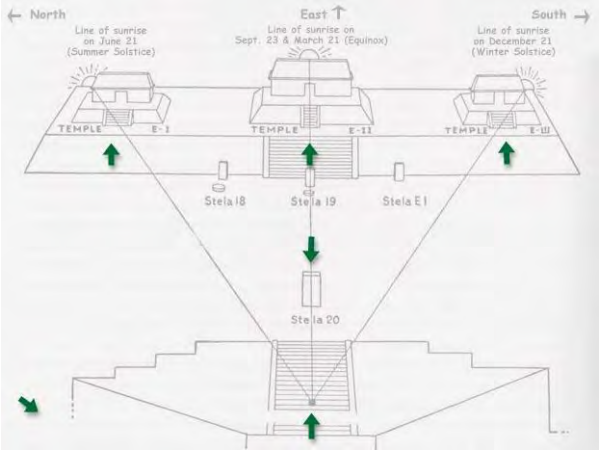


Figura 20. Uaxactún observatorio solar

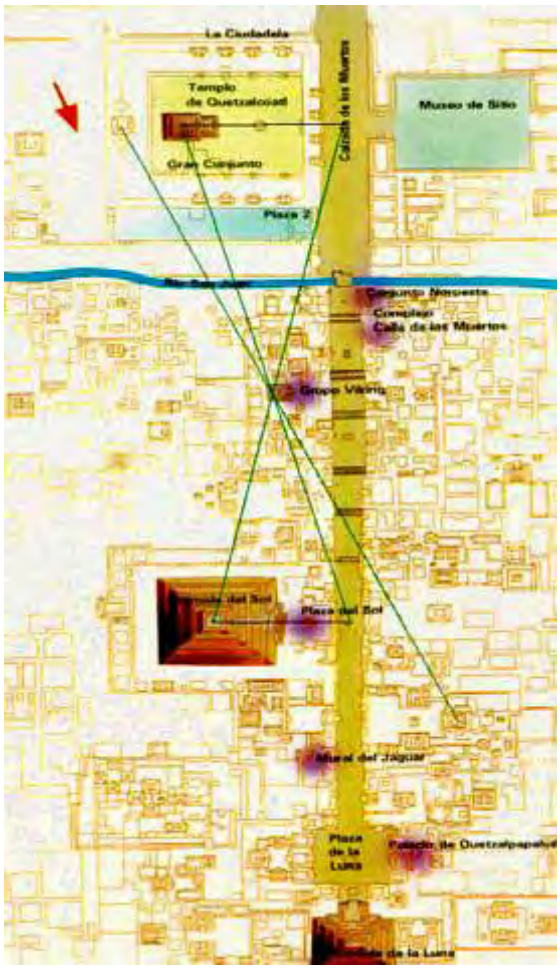


Figura 21. Teotihuacan trazo reticular

alguna manera la integración con el entorno natural al desarrollar técnicas para la utilidad de este recurso natural renovable, aun en diferentes latitudes con diferentes variantes y condiciones climáticas.

En la actualidad, el desarrollo del hombre así como de sus ciudades, basados en la industrialización y urbanización del entorno natural, han provocado en forma gradual el deterioro del medio ambiente así también ha conformado a una sociedad consumista de los recursos naturales (Fuentes, 2004), desde la Revolución Industrial con el uso del carbón como fuente principal de energía y ahora con el uso intensivo de combustibles fósiles, representa como la mayor fuente de emisiones de CO_2 en todo el mundo, siendo la principal causa de las modificaciones en el medio ambiente.

En esta vertiente del desarrollo de ciudades se contempla el costo inicial de la edificación, más nunca los costos de operación y mantenimiento de la vida útil del edificio, considerando que cada lugar presente diferentes condiciones climáticas y factores determinantes en el consumo de energía, en México debido a la variedad de bioclimas el consumo energético de electricidad para la utilización de sistemas artificiales representa un costo muy alto, incluso en ciudades como la ciudad de México con un

clima favorable no extremoso existen muchos edificios de oficinas que pagan grandes cantidades de dinero por consumo eléctrico para iluminación artificial (IDEM).

Por lo tanto es necesario considerar un marco de referencia para el crecimiento y desarrollo de las ciudades modernas que se base en un desarrollo sustentable con el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales considerando un daño menor al medio ambiente natural, para la conceptualización, en primera instancia, y la construcción de espacios con las condiciones ambientales apropiadas que permitan desarrollar todas las actividades saludable y confortablemente, por lo que resulta muy importante que el espacio este diseñado en función y considerando un continuo intercambio energético que se logra con la mimesis, el respeto y la integración en el medio ambiente natural, que han sido consustanciales a las culturas indígenas y al *"pensamiento salvaje"* y despreciados por la sociedad industrial y que ahora actualmente se han convertido en algo necesario para la conservación de la vida en el planeta (Montaner, 2002).

El cambio en el medio ambiente se ha manifestado con mayor frecuencia en la salud del hombre y en las actividades que realiza, por lo que se ha puesto más atención a la importancia de la preservación del medio ambiente natural así como a la preservación de los ecosistemas y a su misma fragilidad en el equilibrio; si bien con el desarrollo de la industrialización la arquitectura esta inmersa en un contexto consumista y de explotación de los recursos para el funcionamiento, operabilidad y sustento de las ciudades modernas siendo es parte integral de esta problemática con el impacto que puede provocar sobre la salud de los ocupantes.

La Organización mundial de la salud define a la salud como aquel estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo con relación a su entorno, así también cuando el cuerpo humano realiza un menor esfuerzo para mantener un equilibrio y optimo funcionamiento de sus órganos, se considera que se encuentra en condiciones de confort, que se puede definir con el estado físico y mental en el cual se expresa bienestar o satisfacción con el medio que lo rodea (Fuentes, 2004), por lo tanto la salud se puede interpretar como un estado de bienestar más constante y el confort a un estado de percepción ambiental temporal, pero que de alguna manera puede estar determinado por el estado de salud del individuo.

Si bien el confort se obtiene por las percepciones sensoriales de los factores ambientales del lugar con respecto de las necesidades para el desarrollo de las actividades a realizar, el confort lumínico se puede definir como, las condiciones necesarias para desarrollar cualquier trabajo con los niveles óptimos de iluminación para evitar lesiones transitorias o permanentes al sentido de la vista, dichas condicionantes están en función de las variantes arquitectónicas y climáticas del lugar principalmente las condiciones de cielo que se definen por los diferentes niveles de nubosidad.

2.1.1 Condiciones y tipos de cielo.

La importancia del correcto diseño de la iluminación es indispensable para generar un ambiente lumínico visual para que las percepciones sensoriales refuercen los patrones de conducta en los diversos tipos de actividades que realice un usuario, es ahí donde las condiciones de iluminación tienen el potencial de favorecer el espacio así como los objetos que lo componen o forman parte del espacio (Rodríguez, 2001).

Algunos de los factores que influyen y deben considerarse en el diseño de elementos para el aprovechamiento de la luz natural son:

- Variación en la cantidad disponible de luz natural
- Distribución de la luminancia de cielos despejados, medio nublados y nublados.
- Efectos del entorno circundante, deslumbramientos.

La cantidad de luz natural proveniente del sol depende de la posición de este y de las condiciones atmosféricas de transparencia, que se determina por la nubosidad la cual se mide determinando los décimos de cielo cubierto el cual se registra en los observatorios meteorológicos, dichos registro se hacen cada hora durante todo el día y con estos datos se obtiene el tipo de nube predominante, su altura y dirección promedio, de esta forma se determina el estado medio del cielo que puede ser de tres tipos: *despejado, medio nublado y nublado*.

2.1.1.1 Cielo despejado.

Figura 22. Condiciones de cielo despejado

Se denomina cielo despejado cuando el promedio de la nubosidad no sobrepasa el 30% de cielo cubierto (Fuentes, 2004), en un día despejado los niveles de iluminación varían con la posición del sol y la cantidad de polvo y partículas atmosféricas (Rodríguez, 2001), el cielo despejado es normalmente más brillante cerca del horizonte que en el cenit (Figura 22).

El sol directo como fuente de iluminación tiene un potencial enorme proporcionando niveles de iluminancia en condiciones de cielo despejado en un plano perpendicular al sol de 50,000 lux, con menos de 30% de nubosidad y hasta 120,000 lux, con menos de 15% de nubosidad.

Figura 23. Condiciones de cielo seminublado

2.1.1.2 Cielo seminublado.

Se le denomina cielo seminublado cuando el promedio de la nubosidad no sobrepasa entre el 40 y 70% de cielo cubierto (Fuentes, 2004), un cielo difuso como fuente de luz tiene un potencial lumínico menor al del cielo despejado del orden de 40,000 lux para un cielo seminublado (Figura 23).

2.1.1.3 Cielo nublado.

La condición de cielo nublado es cuando el promedio de nubosidad sobrepasa el 70% de cielo cubierto (IDEM), los niveles de iluminancia que se presentan son de 5,000 lux con condiciones de 100% de nubosidad y sol no visible (Figura 24).

Figura 24. Condiciones de cielo nublado

La distribución de la luminancia en un cielo nublado varía según la latitud del lugar, la hora densidad y uniformidad del cielo difuso; un cielo uniformemente nublado es de 2.5 a 3 veces más brillante en el cenit que en el horizonte.

Estas tres condiciones se presentan en la mayoría de las regiones, dependerá del diseño arquitectónico lograr optimizar este recurso con las variantes implícitas para ofrecer las mejores condiciones de iluminación para la realización de actividades.

2.2 Estrategias de diseño. Aprovechamiento de la luz natural

Una de las principales funciones de la arquitectura y que a lo largo de la historia ha estado en desarrollo es la de brindar confort y protección. El hombre primitivo utilizó los elementos naturales a su alcance para protegerse de los agentes climáticos desde que comenzó a habitar cuevas hasta el desarrollo y capacidad de modificar su entorno con las técnicas constructivas desarrolladas que le permitieron emplazarse en sitios con condiciones climáticas desfavorables. Las cuevas eran seleccionadas con orientación hacia el sur de tal manera que fueran frescas en verano por la protección solar y cálidas en invierno permitiendo el asoleamiento, cabe mencionar que estas características se presentan en asentamientos humanos en el hemisferio norte para el caso de el hemisferio sur la orientación es la norte.

Este principio básico en el desarrollo de la arquitectura de la protección de las condiciones climáticas de un lugar de emplazamiento, se determina simplemente por la observación del movimiento solar, declinación y trayectoria en la bóveda celeste, que ha sido aplicado por algunas culturas en diferentes épocas de la humanidad (Rodríguez, 2001). Durante siglos la orientación ha sido determinante en el diseño de las construcciones, predominando las implicaciones simbólicas y culturales, en algunas culturas la división del cielo con base en los

puntos cardinales tenía que estar reflejada en el trazo de los ejes dominantes de la ciudad y de sus edificios significativos para el aprovechamiento de los recursos climáticos.

Un buen diseño arquitectónico para la iluminación natural o para su aprovechamiento no implica solo el uso de grandes áreas de vano, sino el equilibrio de manera cuantitativa considerando cantidades adecuadas y cualitativamente con la distribución acorde del la luz natural al interior de un espacio para el desarrollo de las actividades satisfaciendo necesidades biológicas, fisiológicas y psicológicas.

Considerando los factores que influyen y deben considerarse en el diseño de elementos para el aprovechamiento de la luz natural como: la variación en la cantidad disponible de luz natural, la distribución de la luminancia de cielos despejados, medio nublados y nublados, y los efectos del entorno circundante, deslumbramientos se determina que las estrategias de diseño deben responder a estos factores.

La iluminación en una edificación puede provenir de diferentes formas dependiendo del diseño arquitectónico, las cuales se clasifican en tres principales formas: *unilateral, bilateral y cenital*.

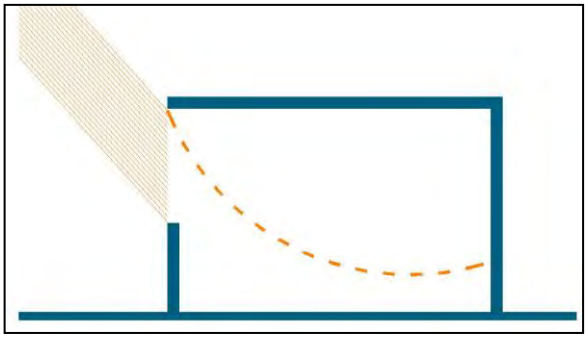


Figura 25. Iluminación unilateral

2.2.1 Iluminación Unilateral: Se refiere a la iluminación natural cuando esta es solo distribuida por un vano ubicado en cualquiera de sus limitantes arquitectónicas, la distribución de la iluminación es muy irregular, siendo mayor en la región cercana a la ventana y muy baja en la parte profunda del espacio, provocando contraste en la proporción de la brillantez y falta de confort visual en el espacio (Figura 25).

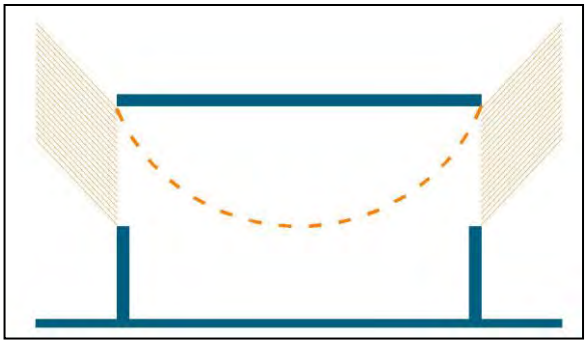


Figura 26. Iluminación bilateral

2.2.2 Iluminación Bilateral: Se refiere a la iluminación natural cuando esta es distribuida por dos vanos ubicados en dos extremos de sus limitantes arquitectónicas, la distribución de la

iluminación es más uniforme proporcionando uniformidad en los niveles de iluminación y reduciendo los efectos de contraste en la proporción de la brillantez, con lo que mejoran las condiciones de confort lumínico (Figura 26).

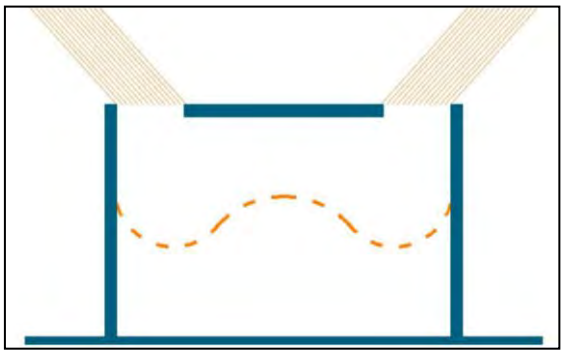


Figura 27. Iluminación cenital

2.2.3 Iluminación Cenital: Se refiere a la iluminación natural cuando esta es distribuida por la parte superior del espacio arquitectónico, la distribución de la iluminación es más uniforme en las zonas donde incide el flujo luminoso directo o reflejado en las superficies secundarias, como pueden ser difusores lumínicos y los muros del espacio arquitectónico. Se tendrá que considerar en algunos casos la integración de dispositivos de control solar y sombreado par evitar la incidencia solar directa en las áreas y superficies de trabajo, principalmente en lugares con climas cálidos (Figura 27).

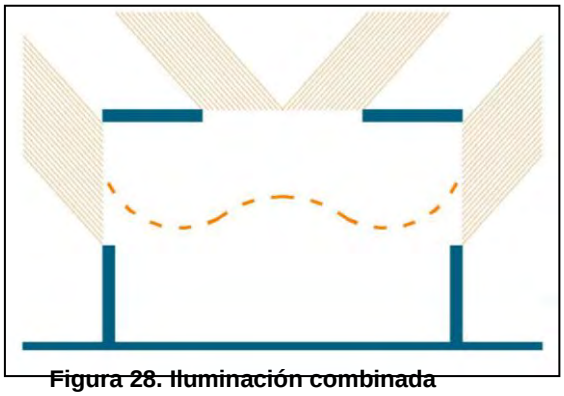


Figura 28. Iluminación combinada

2.2.4 Iluminación Combinada: Se refiere a la iluminación natural cuando esta es distribuida con la combinación de por lo menos dos de las formas anteriormente descritas (Figura 28).

2.3 Deslumbramiento

Un factor importante en el diseño arquitectónico siguiendo con los conceptos y factores que intervienen en el diseño de la iluminación natural es el de evitar el deslumbramiento, siendo un objetivo el impedir que se presenten situaciones de incorrecta percepción del campo visual debido a un mal diseño (Feijo). Habitualmente se reduce el fenómeno del deslumbramiento a dos tipos bien diferenciados: *Deslumbramiento Perturbador y Deslumbramiento Molesto*.

Se entiende por **deslumbramiento perturbador** el que se produce por la incidencia directa en el globo ocular de fuentes de luz de gran intensidad luminosa, un deslumbramiento de este tipo sería inadmisible para un correcto acondicionamiento luminoso. En un grado sensiblemente

menor se encuadra el **deslumbramiento molesto** que se produce por exceso de contrastes entre los objetos que están dentro del campo visual, o por fuentes de luz moderadas. En ambos casos se puede presentar como un deslumbramiento directamente por las fuentes luminosas, o reflejado por los factores externos circundantes en el contexto edificado.

El deslumbramiento de la luz debe controlarse y evitarse en lo posible para asegurar condiciones lumínicas favorables y confortables. El diseño integral de las componentes arquitectónicas formales y de los elementos para el aprovechamiento de la iluminación natural es determinante para diferentes factores como el control de la componente térmica de la energía solar, sin afectar la correcta y optima distribución de la componente lumínica, el primer concepto de control solar es la propia estructura formal de la edificación, así como la configuración espacial y la orientación, que depende de la ubicación geográfica, condiciones climáticas las cuales definirán diferentes estrategias de diseño.

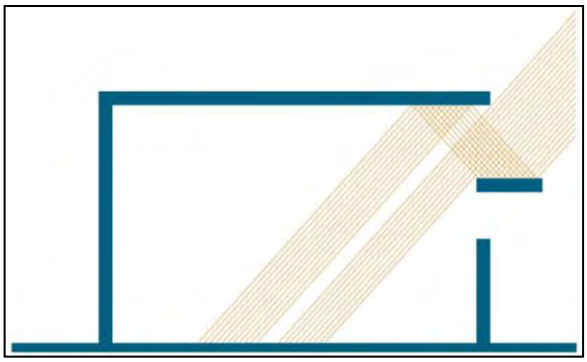


Figura 29. Repisa

Existen dispositivos que por su forma y función, que se enfocan principalmente a la del control solar, tiene alternativas de ser difusores de iluminación natural sin dejar de lado el control solar, a continuación se mencionan dos de ellos los cuales son determinantes para el desarrollo de estrategias de diseño.

Figura 30. Persiana

Repisa: Se refiere a los elementos volados a manera de ménsula, son horizontales y se ubican distribuidos dentro del claro de la ventana, se utilizan como dispositivos de iluminación natural debido a que reflejan la incidencia lumínica al plafón (Figura 29), la correcta orientación es hacia el norte. La ubicación de estos dispositivos varía según el diseño, la altura óptima para la colocación de estos *difusores lumínicos* es a ¾ de la altura del vano (García, 1990).

Persiana: Dispositivo formado por tablillas o elementos horizontales que permiten el paso de la luz y del aire pero no del sol , son horizontales y se ubican distribuidas al igual que la repisa dentro del claro de la ventana pueden ser fijas o giratorias en su eje horizontal (Figura 30).

Partesol: Elemento vertical que bloquea los rayos solares, reflejando la luz natural dependiendo de su colocación o desplante según sea el caso hacia el interior del espacio, la orientación correcta de estos dispositivos es hacia el oriente, sur y poniente (Figura 31).

Persiana vertical: Dispositivo formado por tablillas verticales que permiten el paso de la luz natural y de aire pero no de la incidencia solar directa, se ubican distribuidas en toda la altura de la ventana, pueden ser fijas o giratorias en su eje vertical (Figura 32).

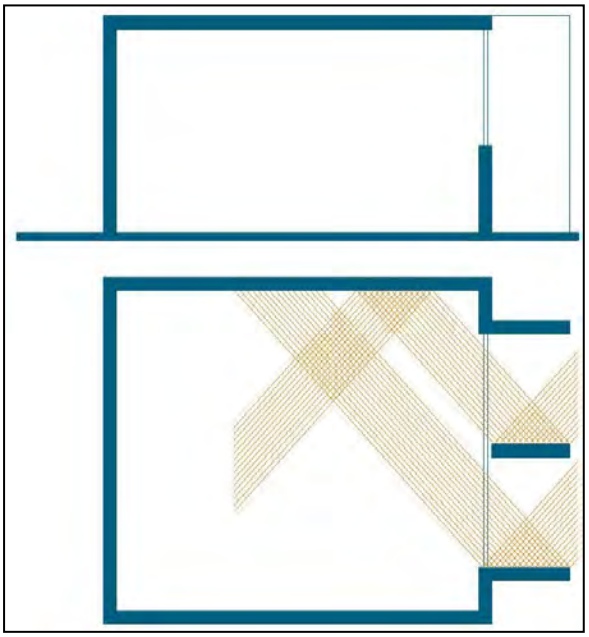


Figura 31. Partesol

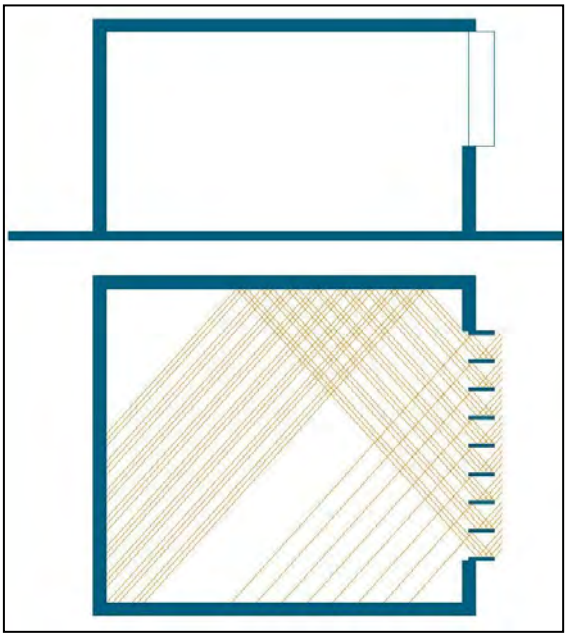


Figura 32. Persiana Vertical

2.4 Requerimientos lumínicos.

Para la evaluación de los niveles de iluminación al interior de un local con diferentes alternativas de diseño, iluminación natural y artificial, se deberán comparar con los niveles recomendados para la actividad visual a desarrollarse en el local, para garantizar que los niveles de iluminación son los óptimos para la realización de las actividades con eficacia y confort.

Los niveles de iluminación indicados en las recomendaciones varían según las actividades específicas a realizar, pero además existen diferencias entre las recomendaciones de cada país. Esto obedece a diferentes factores como la ubicación geográfica (latitud) y a las políticas normativas y de calidad con que cada país regula los requerimientos para los niveles de iluminación para las edificaciones.

Algunos estudios sobre niveles de iluminación recomendados muestran valores significativamente mayores a los recomendados en las normas, así como variantes con el paso del tiempo, considerando necesario mejorar la integración del aporte potencial de la iluminación natural y la artificial particularmente en edificios no residenciales (Pattini, 2004).

Las recomendaciones de niveles de iluminación se realizan con la finalidad de poder garantizar con la iluminación suficiente por ejemplo para la seguridad de los trabajadores en la industria, productividad y eficiencia en las oficinas, el aprendizaje en los colegios, así como la recuperación de los pacientes en los hospitales. Existen muchos intereses sobre influir en la selección de niveles de iluminación recomendados, ya que los estudios publicados se enfocan más a edificios con tipologías orientadas al comercio y dentro de este grupo se encuentran los edificios de oficinas, así también las regiones donde se realizan estos estudios son muy diversas, en este caso se revisaron las más importantes a nivel internacional y lo más relevante a nivel nacional.

2.4.1 Internacionales

La mayor parte de estudios y publicaciones de recomendaciones para niveles de iluminación de locales que conforman un edificio, se han desarrollado en Norteamérica y Europa, es de considerar que esta ultima región del planeta se ubica en una región geográfica con condiciones limitadas para e aprovechamiento de este recurso, sin embargo es en donde se han desarrollado las tecnologías mas innovadoras y eficientes en la fabricación de dispositivos de alta eficiencia, en el caso de Norteamérica se ha enfocado en la normatividad que determina los niveles óptimos para la realización de las diversas tareas que se desarrollan en un edificio principalmente de oficinas.

Una de las referencias principales son las ediciones de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America), que especifican valores para aproximadamente 250 diferentes actividades visuales que se realizan en interiores de edificios no residenciales y cerca de 300 específicas para actividades de carácter industrial, de igual manera un número similar de actividades y aplicaciones han sido propuestas en Europa por CEN (European Standards). A continuación se presenta una tabla (Tabla 3), donde se hace una comparativa y concentrado de las diferentes propuestas por diferentes países para determinados locales de trabajo de un edificio de oficinas entre los que se incluye México.

NIVELES RECOMENDADOS EN DIFERENTES PAISES
(Niveles en LUX)

País	General	PC	Plano de Trabajo	Lectura	Dibujo
Alemania	500	500	500		750
Argentina	200	700	300-750		1000
Australia	160	160	320	320	600
Austria	500	160	320	320	600
Bélgica	300-750	500	500-1000	500-1000	1000
Brasil	750-1000			200-500	3000
China	100-200	150-300	150	75-150	500
República Checa	200-500	300-500	300-500	500	750
Dinamarca	50-100	200-500		500	1000
Finlandia	150-300	150-300	500-1000	500-1000	2000
Francia	425	250-425	425	425	850
Holanda	100-200	500	400-500	400	1600
Japón	300-750	300-750	300-750	300-750	1000
México	200		600	900	1100
Suecia	100	300-500	300	500	1500
Suiza	500	300-500	300	500	1000
UK	500	300-500	500	300	750
USA	200-500	300	200-500	500	2000

Tabla 3. Niveles de Iluminación recomendados en diferentes países
Fuente: PATTINI, A., (2004) Recomendaciones de Niveles de Iluminación en edificios no residenciales. Una comparación internacional, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)- Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) CRICYT-CONICET.

REQUISITOS MINIMOS DE ILUMINACION ARTIFICIAL		
Tipología	**Local**	**Nivel de Iluminación**
HABITACIONAL		
Vivienda unifamiliar	Circulaciones horizontales y verticales	50 lux
Vivienda plurifamiliar		
SERVICIOS		
Administración		
Bancos, casas de bolsa y casas de cambio	Áreas y locales de trabajo	250 lux
	Circulaciones	100 lux
Mercados públicos	Naves	75 lux
Oficinas privadas y públicas	Cuando sea preciso apreciar detalles	100 lux
	Cuando sea preciso apreciar detalles : Toscos o burdos	200 lux
	Medianos	300 lux
	Muy finos	500lux
Educación e instituciones científicas		
Atención y educación preescolar	Aulas	250 lux
Educación formal básica y media	Aulas y laboratorios	300 lux
	Circulaciones	100 lux
Educación formal media-superior y superior, y educación informal	Aulas y laboratorios	300 lux
	Circulaciones	100 lux
Institutos de investigación	Aulas y cubículos	250 lux
INDUSTRIA		
Para todo tipo de industria	Áreas de trabajo en que no sea preciso apreciar detalles.	100 lux
	Áreas de trabajo en que sea preciso apreciar detalles: toscos o burdos	200 lux
	medianos	300 lux
	muy finos	500 lux
	Área de almacenamiento	50 lux
	Circulaciones	100 lux
	Comedores	150 lux

Tabla 4. Niveles de Iluminación recomendados por las Normas Técnicas Complementarias del D.F.
Fuente: Gaceta Oficial del Distrito Federal, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, Tomo II No. 103- Bis, Octubre 2004

2.4.2 Nacionales

En México una de las principales referencias para la recomendación de los niveles de iluminación, de carácter oficial y técnico-normativo, son las Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, siendo la normatividad aplicable en cuanto a criterios de diseño para garantizar iluminación natural al interior de las edificaciones, así como también propone y recomienda niveles de iluminación *"artificial"* para diferentes locales, cabe señalar que no es tan especifico en cuanto a la variedad de locales existentes se limita a los locales más comunes en cada tipología arquitectónica, los niveles recomendados se clasifican según el uso y tipología (Tabla 4).

Las especificaciones y recomendaciones de los niveles de iluminación por las NTC se limitan a generalidades en cuanto al aprovechamiento de la iluminación natural determinando que, los locales habitables deben tener iluminación diurna natural por medio de ventanas que den directamente a la vía pública, azoteas, superficies descubiertas o patios, refiriéndose a locales habitables exclusivamente a los de tipología de vivienda.

Considerando las limitantes de esta normatividad, una parte importante con lo que respecta a la regulación de la utilidad de la energía, son las normas de eficiencia energética para el uso de los recursos energéticos, las cuales en materia de operabilidad para el contexto edificado representan una alternativa para reducir el gran porcentaje de la energía consumida y de manera implícita el gasto por concepto de iluminación eléctrica, que junto con la climatización son los más representativos.

En México se empieza a desarrollar políticas de eficiencia energética para fomentar su uso e incursionar en el aprovechamiento eficiente de la energía. En marzo de 1993, la secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, conformó el comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Energéticos, a la cual se encomendó la elaboración, aplicación y vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética.

Se han publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) 18 normas oficiales mexicanas para la eficiencia energética, de las cuales 14 están relacionadas con la energía eléctrica y tres

NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA TAREAS VISUALESY ÁREAS DE TRABAJO NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008		
Tarea Visual del Puesto de Trabajo	**Area de Trabajo**	**Nivel de Iluminación**
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20 lux
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50 lux
En interiores.	Areas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100 lux
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200 lux
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300 lux
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500 lux
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750 lux
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000 lux
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2000 lux

Tabla 5. Niveles de Iluminación NOM-025-STPS-2008
Fuente: Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre 2008, **NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.**

son específicas para la iluminación de los edificios, la primera NOM-007-ENER-1995 trata los sistemas de alumbrado para edificios no residenciales con el objetivo de que los edificios sean diseñados haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, la segunda NOM-013-ENER-1996 para sistemas de alumbrado para vialidades y la ultima NOM-017-ENER-1997 sobre la eficiencia de lámparas fluorescentes compactas, siendo la iluminación eléctrica la que se regula en cuestiones normativas por su impacto económico y la generación de contaminates.

La ultima norma publicada en el DOF el día 30 de diciembre de 2008 es la norma NOM-025-STPS-2008, denominada, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, la cual tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores. Estableciendo de igual manera las obligaciones del administrador del edificio y de los usuarios de este, los niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo (Tabla 5), el reconocimiento de las condiciones de iluminación, evaluación de los niveles de iluminación y las medidas de control, en esta norma se considera de alguna manera la condición de luz natural para la evaluación de los niveles de iluminación; reiterando el interés principal hacia la iluminación artificial, para la optimización de los recursos energéticos garantizando condiciones confortables y saludables de trabajo, considerando aspectos de manera puntual y técnica. .

3. Dispositivos de alta eficiencia para el aprovechamiento de luz natural. Estado del Arte

3.1 Principios geométricos aplicados en dispositivos

3.1.1 Hipérbola

La hipérbola se define como el lugar geométrico de un conjunto de puntos en un plano de manera que la diferencia de las distancias a dos puntos fijos del plano permanece constante (Tippens, 1994). A los dos puntos fijos se les denomina *focos* de la hipérbola F_1 y F_2 (Figura 33) las intersecciones con el eje *x* se determinan cuando el valor de *y* = 0 y es fácil obtener que la curva corta al eje *x* en a y -a puntos que se conocen como los *vértices* de la hipérbola. El segmento a –a se conoce como *eje transverso* y el determinado por los puntos b y –b como *eje conjugado.*

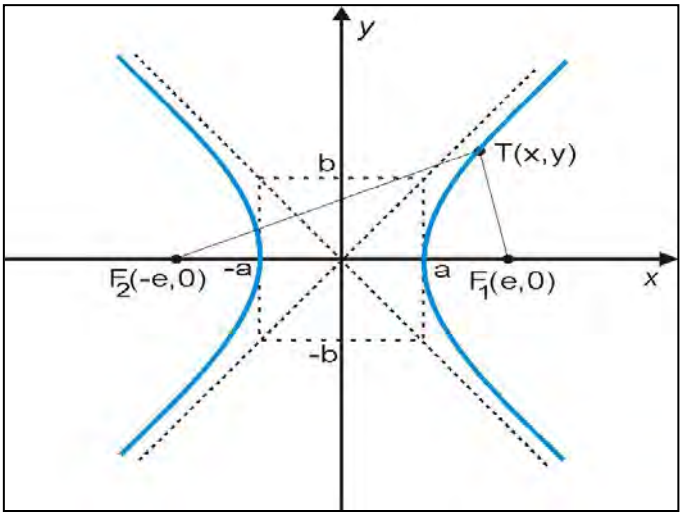


Figura 33. Hipérbola

3.1.1 Parábola

La parábola se define como el lugar geométrico de un conjunto de puntos en un plano, de tal manera que la distancia a un punto fijo es siempre igual a la distancia a una recta fija (IDEM). Al punto fijo se le denomina *foco* de la parábola y a la recta fija *directriz* (Figura 34).

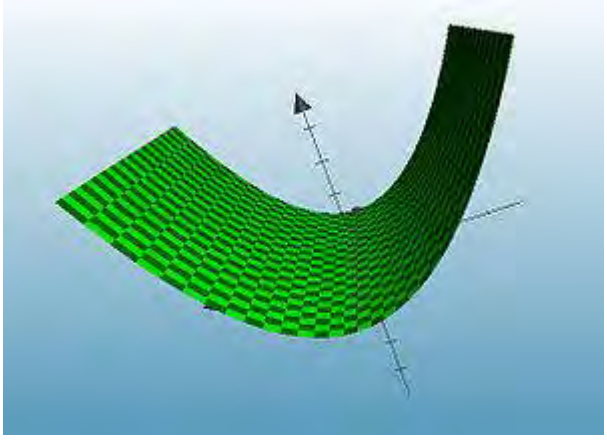


Figura 34. Parábola

Posee propiedades importantes que tienen aplicaciones prácticas, dentro del marco de la óptica geométrica donde la luz se representa

por rayos, es la curva que utilizada en elementos con superficies reflejantes, cumple la condición de que todo rayo que incide paralelo al *eje* es reflejado de tal forma que pasa por el foco.

3.2 Fundamentos Físicos para el diseño.

3.2.1 Ley de Lambert.

Esta ley explica que hay una relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la sustancia, así como también entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa. Si conocemos l y α, la concentración de la sustancia puede ser deducida a partir de la cantidad de luz transmitida (Figura 35).

Las unidades de *c* y *α* dependen del modo en que se exprese la concentración de la sustancia absorbente. Si la sustancia es líquida, se suele expresar como una fracción molar. Las unidades de *α* son la inversa de la longitud (por ejemplo cm.-1). En el caso de los gases, *c* puede ser expresada como densidad (la longitud al cubo, por ejemplo cm.-3), en cuyo caso *α* es una sección representativa de la absorción y tiene las unidades en longitud al cuadrado (cm^2, por ejemplo). Si la concentración de *c* está expresada en moles por volumen, *α* es la absorbencia molar normalmente dada en mol cm-2.

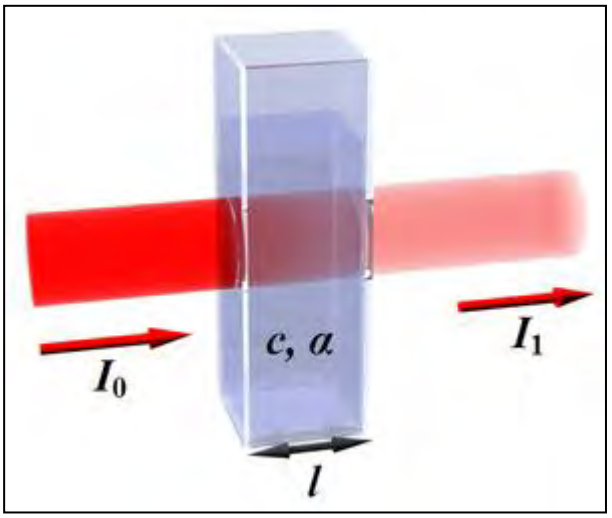


Figura 35. Transmitancia de la luz en una sustancia

El valor del coeficiente de absorción *α* varía según los materiales absorbentes y con la longitud de onda para cada material en particular. La ley tiende a no ser válida para concentraciones muy elevadas, especialmente si el material dispersa mucho la luz, la relación entre concentración y absorción de luz está basada en el uso de espectroscopia para identificar sustancias.

3.2.2 Principio de Huygens.

El principio de Huygens proporciona un método geométrico para determinar, a partir de una forma en la que incide un frente de ondas en cierto instante, la forma que adoptará dicho frente en otro instante posterior. El principio supone que cada punto que compone un frente de ondas primario dará origen a uno secundario que producen ondas esféricas que tienen la misma frecuencia y se propagan en todas las direcciones con la misma velocidad que la onda primaria en cada uno de dichos puntos. El nuevo frente de ondas, en un instante dado, es la envolvente de todas las ondas secundarias tal como se muestra en la (Figura 36).

Supongamos que conocemos la forma del frente de ondas inicial S. Sobre el frente situamos varias fuentes de ondas secundarias señaladas S_1 y S_2. La envolvente de todas las circunferencias es el nuevo frente de ondas en el instante. El radio de las circunferencias será el mismo si el medio es homogéneo e isótropo, es decir, tiene las mismas propiedades en todos los puntos y en todas las direcciones.

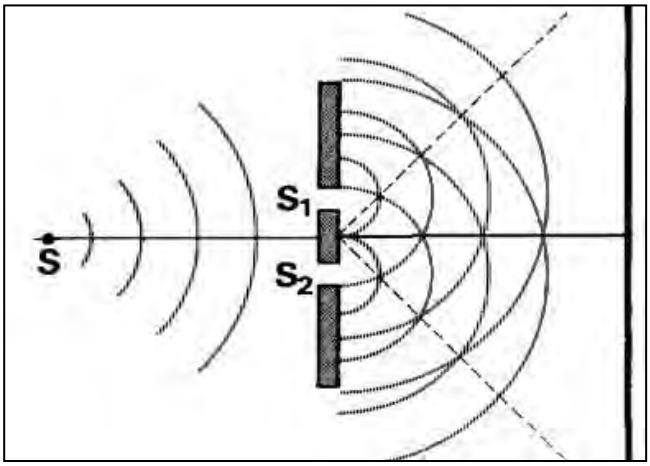


Figura 36. Gráfica del principio de Huygens

3.2.3 Ley de Snell

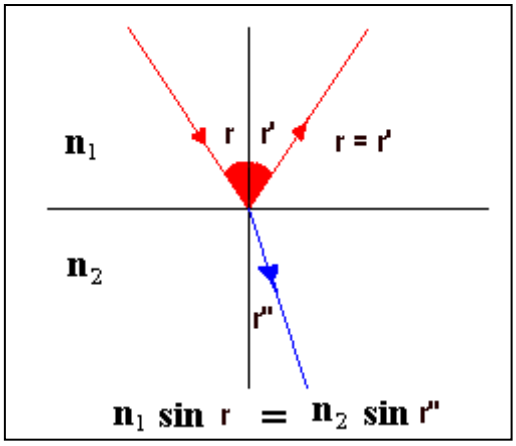


Figura 37. Ley de Snell

La ley de Snell es una fórmula utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de índice de refracción distinto. La ley de Snell dice que el producto del índice de refracción por el seno del ángulo de incidencia es constante para cualquier rayo de luz incidiendo sobre la superficie separatriz de dos medios. Aunque la ley de Snell fue formulada para explicar los fenómenos de refracción de la luz se

puede aplicar a todo tipo de ondas atravesando una superficie de separación entre dos medios en los que la velocidad de propagación la onda sea distinta (Figura 37). La luz se refracta porque se propaga con distinta velocidad en el nuevo medio. Como la frecuencia de vibración no varía al pasar de un medio a otro, cambia la longitud de onda de la luz como consecuencia del cambio de velocidad.

3.3 Dispositivos Lumínicos

3.3.1 Proyectores especulares

Figura 38. Proyector especular esférico

Los objetos son vistos ya sea por la luz emitida o por la luz reflejada, considerando la naturaleza de la luz y que toda luz se debe a una fuente de energía, que puede ser la del Sol o la energía eléctrica, sin importar el origen de esta en su mayoría la luz visible para nuestras condiciones físicas es el resultado de la *luz reflejada*, es decir los procesos de cómo la luz regresa a su medio original después de incidir sobre alguna superficie, el fenómeno de la reflexión, que puede interpretarse también en termino de la teoría ondulatoria electromagnética, es más simple describirlo en función de rayos. La descripción por medio de rayos, generalmente referido a la óptica geométrica, se basa en la aplicación del principio de Huygens.

En una superficie muy bien pulida como un espejo las imágenes formadas son reflexiones de objetos reales, por lo tanto las imágenes son reales puesto que la luz no pasa a través de ellas y pueden proyectarse sobre una pantalla (Figura 38). La reflexión de la luz obedece a la misma ley de la mecánica como patrón de otros fenómenos físicos, es decir el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión donde el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal de la superficie se encuentran en el mismo plano.

3.3.2 Luminoductos.

Un luminoducto es un sistema de iluminación que capta la luz natural mediante cúpulas situadas en la cubierta de los edificios y la refleja por un ducto de material altamente reflectante hacia el interior (Figura 39). Esto permite iluminar espacios oscuros o sin ventanas incluso cuando no estén directamente bajo la cubierta.

Figura 39. Luminoducto

El resultado son espacios iluminados con luz natural consiguiendo importantes beneficios de confort lumínico y psicológico. Es importante que la cúpula se encuentre ubicada en una zona que garantice la mayor incidencia solar de forma que no haya elementos externos incluyendo naturales y arquitectónicos que obstaculicen la incidencia solar. Respecto a la distribución de la luz al interior del espacio a iluminar y del ambiente que se quiere lograr se define el tipo de difusor.

3.3.3. Concentradores

La esencia de la tecnología de concentración radica fundamentalmente en la reducción del dispositivo receptor de la radiación solar incidente debido a la posibilidad de concentrar la luz. El proceso se realiza mediante la interposición de un dispositivo óptico entre la fuente de radiación y la superficie más pequeña que la superficie de entrada. Este dispositivo óptico es denominado comúnmente concentrador (Figura 40).

La óptica geométrica permite estudiar diversas superficies utilizadas como elementos reflectores en un concentrador, la más utilizada es sin duda la parábola, pues ésta tiene un único foco y da lugar a dos dispositivos, el concentrador cilíndrico parabólico (CCP) y el paraboloide como elementos representativos de los concentradores 2D y 3D.

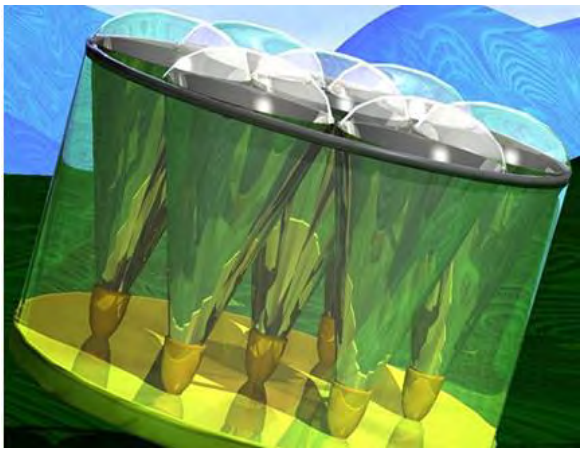


Figura 40. Concentrador Solar

Estos pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios, considerando la óptica pueden dividirse en sistemas reflectores o refractores y a su vez formadores de imágenes o focalizantes y no focalizantes, así mismo por la capacidad para orientarse hacia el sol se suelen distinguir fijos semiestáticos y móviles entre ellos los de seguimiento los cuales pueden ser muy sofisticados con uno o dos ejes. Otra clasificación que divide a los sistemas se relaciona con la geometría y como concentren la radiación en una solo dimensión (el foco es una línea) 2D o bien la concentración tenga lugar en 2 dimensiones (el foco es un punto) sistemas 3D.

3.3.3.1 Canal parabólico

Figura 41. Concentrador Solar

Los concentradores cilindro-parabólicos (CCP) o canal parabólico se generan a partir de una superficie reflectora con geometría de parábola, con una traslación lineal que resulta en un concentrador lineal (Figura 41) ya que proyecta rayos paralelos al eje de la parábola sobre el foco de la misma, así también constituye uno de los dispositivos más utilizados para el aprovechamiento de la energía solar, ya sea de manera fija o con mecanismos de seguimiento.

3.3.3.2 Plato parabólico

Basado también en la geometría y características ópticas de la parábola, generado mediante la rotación de una parábola sobre su propio eje, que funciona como un sistema un reflector

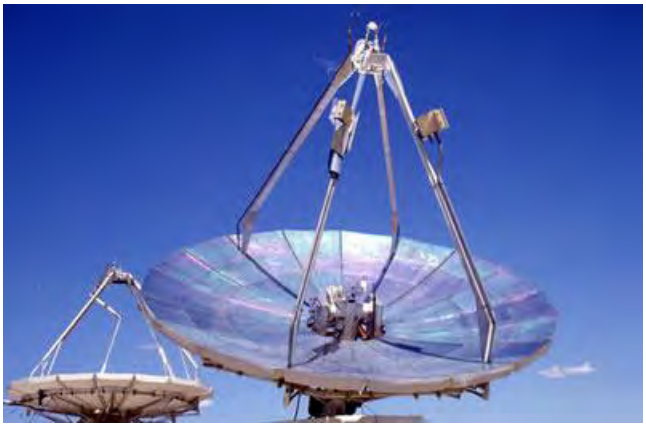


Figura 42. Plato Parabólico

denominado de foco puntual, con seguimiento a dos ejes, el receptor está situado en el foco del paraboloide de revolución (Figura 42). Estos son dispositivos utilizados para altas concentraciones térmicas La tecnología utilizada para la producción de los concentradores de disco parabólico se basa en materiales de alta con alta reflectancia.

4. Caso de Estudio

4.1 Elección y Justificación del edificio caso de estudio.

Actualmente el producir energía eléctrica esta directamente asociado con el consumo de combustibles fósiles, provocando con esto un deterioro al medio ambiente por las emisiones de CO_2 a la atmósfera, siendo la principal causa del "cambio climático" debido al "efecto invernadero" y al "calentamiento global" (García, 1999).

El total de emisiones de CO_2 que se registran en el mundo es de 991 Tn/m^3, de las cuales 4.3 Tn/m^3 corresponden a México y como uno de los principales factores es la generación de energía eléctrica para satisfacer la demanda de las actividades humanas actuales.

Así mismo el mayor consumo de energía eléctrica en el mundo se presenta en el contexto edificado, es decir en los espacios de trabajo, esparcimiento y habitabilidad fundamentales para el desarrollo de nuestras actividades, que representa el 30% de la producción de energía eléctrica en el mundo, y así también de manera especifica la tipología comercial es donde se presenta el mayor consumo de energía eléctrica (Yeang, 1995), donde están incluidos los edificios de oficinas, que representa el 10% del consumo de energía en el contexto edificado, por lo que gran parte se destina a la generación de *iluminación eléctrica* y a la climatización de los espacios.

Por tal razón, el contexto edificado específicamente el rubro comercial, presenta un área de oportunidad para implementar alternativas y sistemas de alta eficiencia para el aprovechamiento de energías renovables en edificios comerciales, principalmente de oficinas para reducir el consumo de energía eléctrica y contribuir a preservar el medio ambiente.

En la Ciudad de México los edificios comerciales de oficinas tienen altos consumos de energía derivado de sus necesidades de operabilidad y confort, principalmente en iluminación eléctrica. Otra característica en el aspecto urbano es la gran concentración de edificios de oficinas de más de cuatro niveles y que en el diseño de los mismos se omiten condicionantes ambientales básicas como la orientación, que juega un papel muy importante dentro de la arquitectura, ya que con esto se pueden establecer las estrategias de diseño que determinaran el

aprovechamiento y la optimización de los recursos energéticos del lugar, derivando condiciones para el consumo energético que pueda tener un edificio para satisfacer sus necesidades de iluminación y de climatización.

Si bien el origen de la orientación de los edificios parte de la búsqueda del bienestar físico predominan las implicaciones simbólicas, culturales y económicas (Rodríguez, 2001), en la Ciudad de México la orientación en el diseño de los edificios comerciales no juega un papel importante, y como consecuencia de esto se construyen edificios que se adaptan a las condiciones demográficas del espacio construido, es decir a limitantes establecidas por las colindancias y la variada altura de los edificio como resultado del aprovechamiento de los predios en su totalidad; siendo que la rentabilidad de estos edificios se refleja en la oferta de espacio útil que puedan tener.

No obstante la orientación de los locales es de importancia, ya que factores como la forma y los vanos son determinantes para obtener mejores beneficios para los sistemas de operación de una edificación (IDEM).

Figura 43. Fotografía Aérea Ubicación del Caso de Estudio

El edificio caso de estudio se encuentra al norte de la Ciudad de México ubicado en una de las principales vialidades de la zona, la calzada Vallejo esquina con avenida Cuitlahuac en la Delegación Azcapotzalco (Figura 43), con las siguientes dimensiones en su poligonal al Norte y Sur 17.3 m, al Oeste 10.5 m y Este 9.5 m, un área de desplante de 167.65 m^2, con 5 (cinco) pisos (Figura 44), conformados por un sótano de estacionamiento, planta baja y tres pisos que en conjunto representan 838.25 m^2 de área construida.

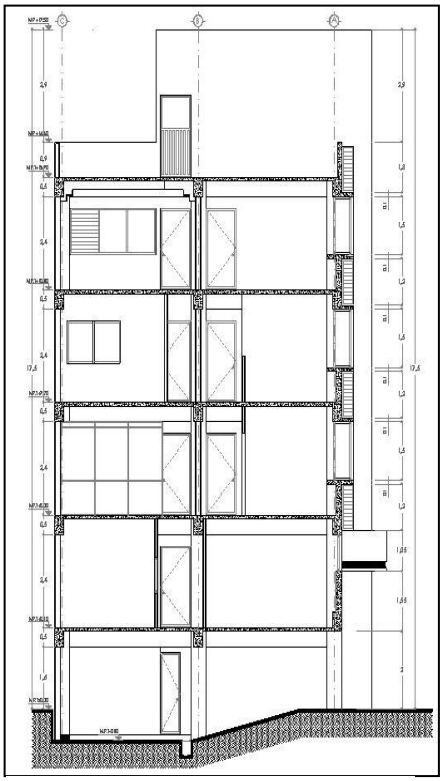


Figura 44. Corte Transversal

La orientación del edificio es Oeste-Este en su eje longitudinal y Norte-Sur en su eje transversal, cuenta con dos fachadas una hacia el Norte (Figura 45) y otra hacia el Este (Figura 46), las cuales presentan acabados de cerámica y ventanas con cancelería de aluminio y cristales filtrasol. Las otras orientaciones colindan con otro predio.

Conclusiones. La elección del caso de estudio estuvó determinada por tres condiciones, la tipología del edificio corresponde a comercial, el diseño arquitectónico que comprende una distribución variada de los espacios y el gasto energético. Para tener el estado actual del edifico se realizó el levantamiento arquitectónico que incluye plantas arquitectónicas, cortes y fachadas (Anexo I. Planimetría), complementado con un levantamiento fotográfico para identificar las características particulares de cada local.

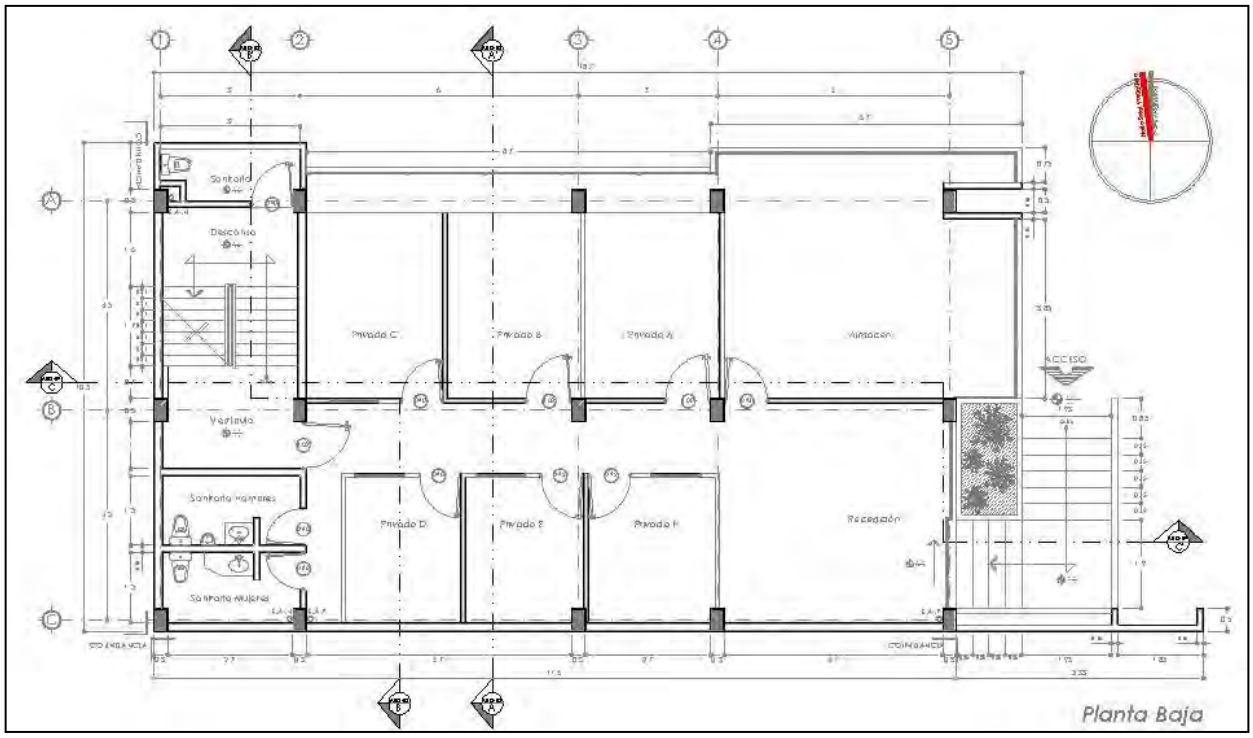
Figura 45. Fachada Norte

Figura 46. Fachada Este

4.2 Descripción arquitectónica del caso de estudio

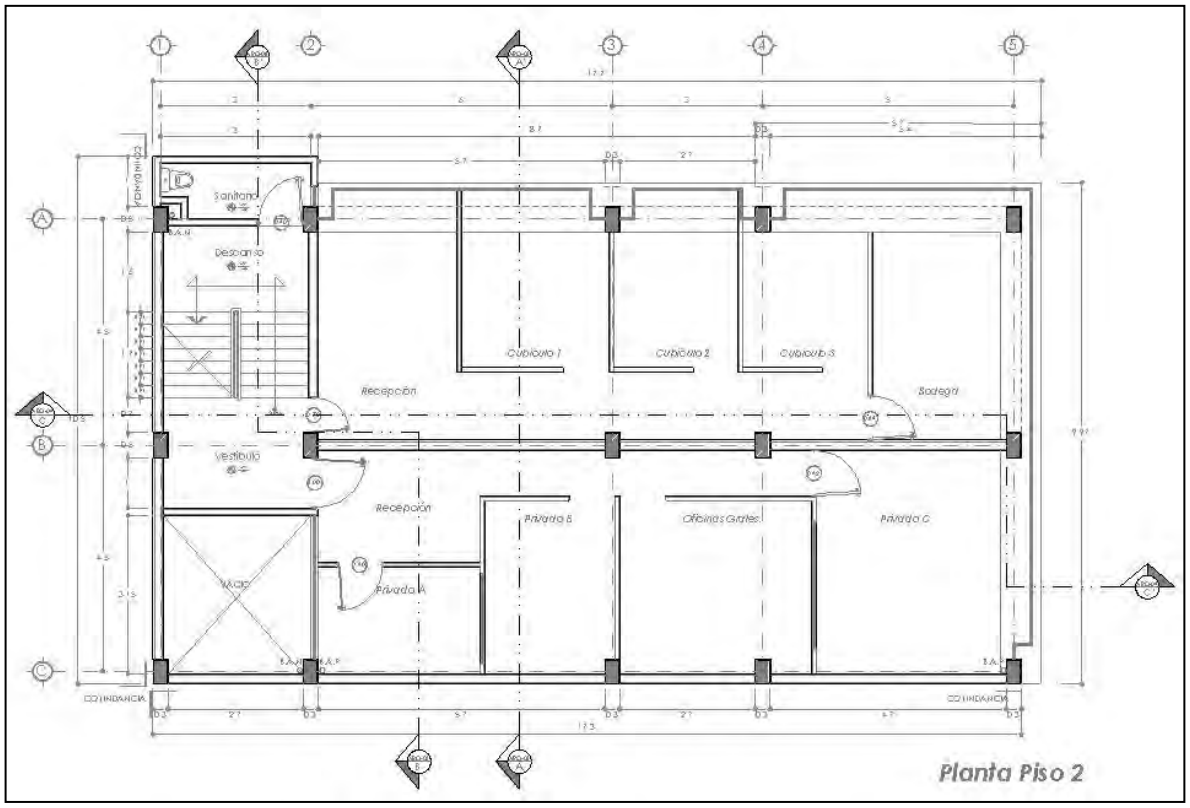
El edificio caso de estudio cuenta con cinco pisos, de los cuales el sótano a medio nivel bajo respecto del nivel de banqueta es el estacionamiento con una capacidad para 10 automóviles al cual se accede por la fachada Norte sin contar con un portón que impida el libre acceso vehicular, cabe mencionar que esta condición genera una condición lumínica, si no la idónea, si regular para el tipo de local.

La planta baja se encuentra a medio nivel alto respecto del nivel de banqueta y el acceso a este nivel se encuentra por la fachada Este, mediante una escalinata con una circulación en forma de “L”, que se desplanta de la acera de la vía pública; este despacho cuenta con ocho locales incluyendo un almacén y la recepción el resto alberga los privados de la administración de los cuales tres están orientados hacia el norte contando con iluminación y ventilación natural. Cabe mencionar que el almacén cuenta con dos orientaciones Norte-Este y en ambas fachadas cuenta con grandes ventanales, sin embargo estos se interiormente se encuentran con tapiales que impiden incidencia de luz natural.



El ingreso al resto de los demás pisos es por el estacionamiento por una puerta que da acceso al cubo de escaleras en donde los descansos de manera alterna funcionan como pequeños vestíbulos de los despachos y de entrada a los sanitarios, es importante aclarar que los pisos 1, 2 y 3, no tienen la misma distribución arquitectónica que la planta baja, estos albergan dos despachos por piso, ya que se desplanta un muro divisorio en el sentido longitudinal, generando despachos con orientación Norte que cuentan con iluminación natural y otros con orientación Sur los cuales carecen de iluminación natural. La distribución de los locales esta regida por largos pasillos que tienen la doble función de circulación y de vestíbulos que conducen a los privados.

Esta condición genera ambientes lumínicos particulares en cada local ya que en algunos están delimitados por muros divisorios, otros por muretes con una altura media y solo uno es planta libre, aunado a esto los acabados en los muros, son diferentes predominando el aplanado fino, sin embargo la imagen corporativa de cada despacho determina los colores de los muros que en algunos casos no beneficia a la difusión de la iluminación.



4.3 Diagnóstico de las condiciones de iluminancia

Para la evaluación de la luminancia en el medio edificado es necesario aplicar métodos para lograr una integración adecuada de la luz natural (García, 2000). Por lo que se planteó un método que permitiera evaluar la calidad y cantidad de luz natural por medio de los niveles de iluminación natural en los espacios del edificio y emitir un diagnóstico de esta evaluación. Las necesidades y requerimientos de iluminación que exige un edificio comercial de oficinas son muy variadas, de ahí que los principales estudios sobre los niveles óptimos de iluminación estén enfocados a esta tipología edilicia.

4.3.1 Requerimientos de iluminación recomendados

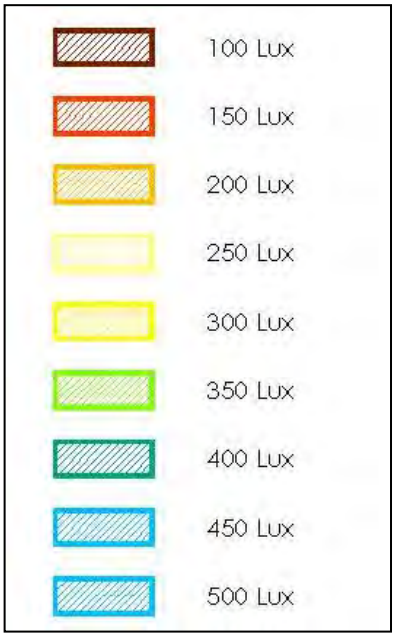
El planteamiento de los requerimientos de iluminación para cada local consideró la dificultad que implica el correcto desempeño de las diferentes actividades en cada local de trabajo. Para el establecimiento de los requerimientos de iluminación se consultaron tres diferentes fuentes, dos de investigadores en la materia y la reglamentación local. Como primera fuente Jesús Feijo Muñoz (Feijo), como segunda José R. García Chávez (Rodríguez, 2001) y como tercera fuente las Normas Técnicas Complementarias (Arnal, 2006) (Tabla 6.Requerimientos Lumínicos), donde los requerimientos propuestos para este estudio se sustentan en la segunda fuente presentada que garantizan tener los niveles óptimos de iluminación para la normatividad existente que presenta valores similares a la normatividad vigente internacional.

Requerimientos Lumínicos (lux)

Descripción del local	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3
Oficinas normales	550	500	250
Oficinas generales extensas	750	750	500
Salas de conferencias	500	300	200
Archivos	100	200	200
Pasillos y circulaciones	150	150	100
Sanitarios	120	150	50

Tabla 6. Requerimientos Lumínicos

Fuentes: 1. Feijo Muñoz, Jesús. Instalación de Iluminación en Arquitectura. Universidad de Valladolid, Colegio Oficial de Arquitectos; 2. Rodríguez Viqueira, Manuel (2001). Introducción a la Arquitectura Bioclimática .Ed Limusa. México D.F. y 3. Gaceta Oficial del Distrito Federal, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, Tomo II No. 103- Bis, Octubre 2004



Establecidos los requerimientos lumínicos para cada local, se representaron estos de manera gráfica en los planos realizados del estado actual del edificio mediante el levantamiento arquitectónico, que sirvió de base para generar los planos de requerimientos de iluminación (Anexo II. Requerimientos de Iluminación), donde se incluyó una escala cromática (Figura 47) que indica los niveles de lux que requiere cada local del edificio, esta representación se hace en todas las plantas para cada uno de los pisos y por cada local que compone cada despacho (Figura 48) el rango de requerimientos se encuentra entre los 200 a 500 lux, siendo 250 lux el predominante.

Figura 47. Escala cromática

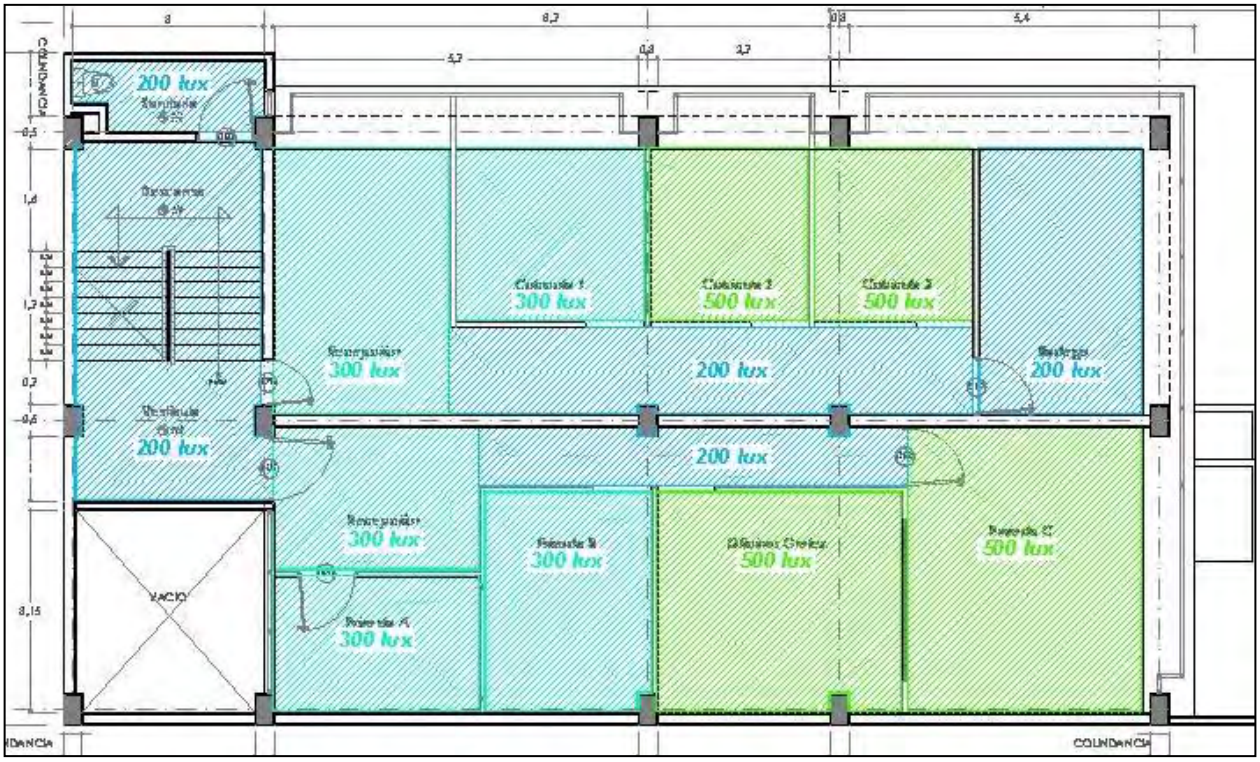


Figura 48. Requerimientos de Iluminación Piso 2

4.3.2 Niveles de iluminancia en locales del edificio

La iluminación natural que incide en un espacio debe considerar una distribución del recurso lumínico apta para la realización de las tareas que se desempeñan en un espacio, ya que debe satisfacer necesidades biológicas, fisiológicas y psicológicas (Rodríguez, 2001), además de proporcionar iluminación para lograr tener espacios confortables.

A partir del levantamiento arquitectónico se planteó determinar el nivel de iluminancia al interior de los locales haciendo una distribución de puntos por medio de una retícula. Para este cálculo de mediciones que se realizaron en campo, se utilizaron dos luxometros con un rango de medición de 0 a 400,000 lux. Los resultados obtenidos en la medición se registraron en una hoja de cálculo para ser gráficados y tener una representación gráfica de los niveles de iluminancia tanto en planta como de manera tridimensional médiate ***isoluxes***.

4.3.2.1 Iluminación natural

Con los requerimientos lumínicos para el análisis de cada local, se determinó la distribución y el comportamiento de la luz natural al interior de los locales. El método que se planteó fue establecer una distribución de puntos con una separación de 0.70 m, donde la unión de estos puntos genera una retícula en la cual los ejes que se distribuyen de arriba hacia abajo están representados por literales y los ejes que se distribuyen de izquierda a derecha por números (Figura 49). Cabe aclarar que la dimensión n de la retícula responde a la condición de una fase posterior en la investigación, *la experimentación*, ya que la escala del modelo (maqueta) tendría que adecuarse a las dimensiones del sensor de medición del luxometro.

Para el cálculo de la iluminancia en cada local, se realizaron mediciones en campo, al exterior en la azotea así como en cada uno de los locales, siguiendo las retículas derivadas de la distribución de puntos de medición. El equipo que se utilizó fue un luxometro Marca LUTRON, Modelo LX-1108, con rango de medición de 0 a 400,000 lux (Figura 50).

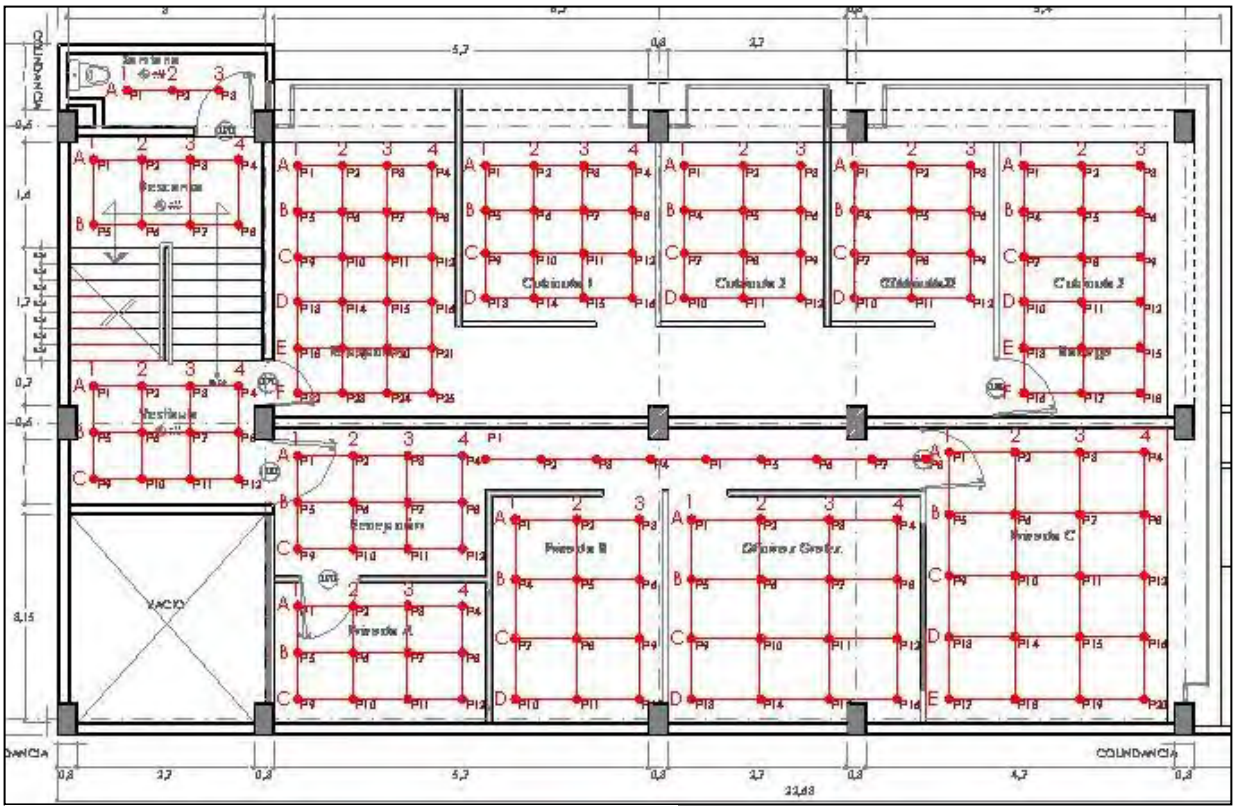


Figura 49. Distribución de puntos de medición Piso 2

Figura 50. Equipo de medición

Las condiciones climáticas el 9 de abril de 2008 cuando se realizó la medición eran de cielo totalmente despejado, por lo que se obtuvieron lecturas estables sin variaciones. Se tomaron dos tipos de lecturas de la iluminancia exterior, la primer colocando una pantalla a una altura de 1.5m que sombreara el sensor para obtener las lecturas de iluminancia exterior a la sombra, la finalidad de sombrear el sensor es para evaluar el albedo de las superficies circundantes de los elementos arquitectónicos principalmente la superficie de la cubierta y tener valores mas precisos con respecto al comportamiento de la iluminancia exterior.

La segunda lectura fue con el sensor directo a la incidencia solar donde los valores obtenidos eran muy superiores a las lecturas tomadas con la pantalla de sombra. El rango de tiempo que se determinó para ambas mediciones fue de 2 minutos entre cada

lectura. Para la representación gráfica de las lecturas, éstas se cargaron a una hoja de cálculo para la gráficación y tener el comportamiento de la luminancia exterior (Figura 51).

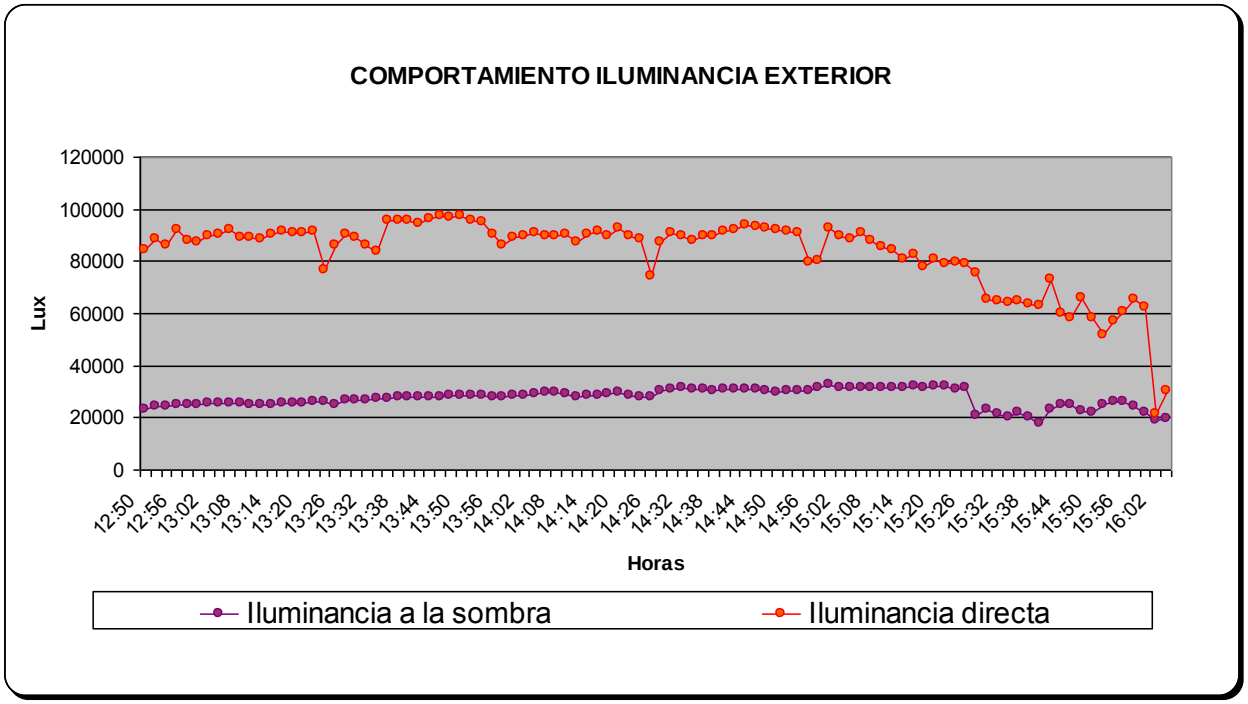


Figura 51. Comportamiento de iluminancia exterior 9 de abril de 2008

Las lecturas al interior de los espacios se realizaron en condiciones normales de trabajo para cada uno de los despachos considerando las actividades propias de cada local, así también las lámparas de iluminación eléctrica permanecieron sin operar para obtener lecturas determinadas por las condiciones de los locales considerando el albedo y la reflectancia de las superficies delimitantes y el mobiliario.

Dichas lecturas se realizaron a una altura de 1.0 m respecto del nivel de piso terminado, altura promedio de trabajo en los despachos ahí establecidos, que de manera general corresponden ha actividades de gabinete. Los datos obtenidos en las lecturas de cada punto de la retícula por cada local, se registraron en una hoja de cálculo para obtener las gráficas correspondientes al comportamiento de la iluminancia en cada uno de los espacios, por lo que se estableció una escala cromática con la que se pudiera identificar las áreas donde los niveles de iluminancia están por debajo del requerimiento mínimo (Figura 52), la obtención de las gráficas de la iluminancia sirvieron para expresar de manera gráfica el comportamiento de la incidencia

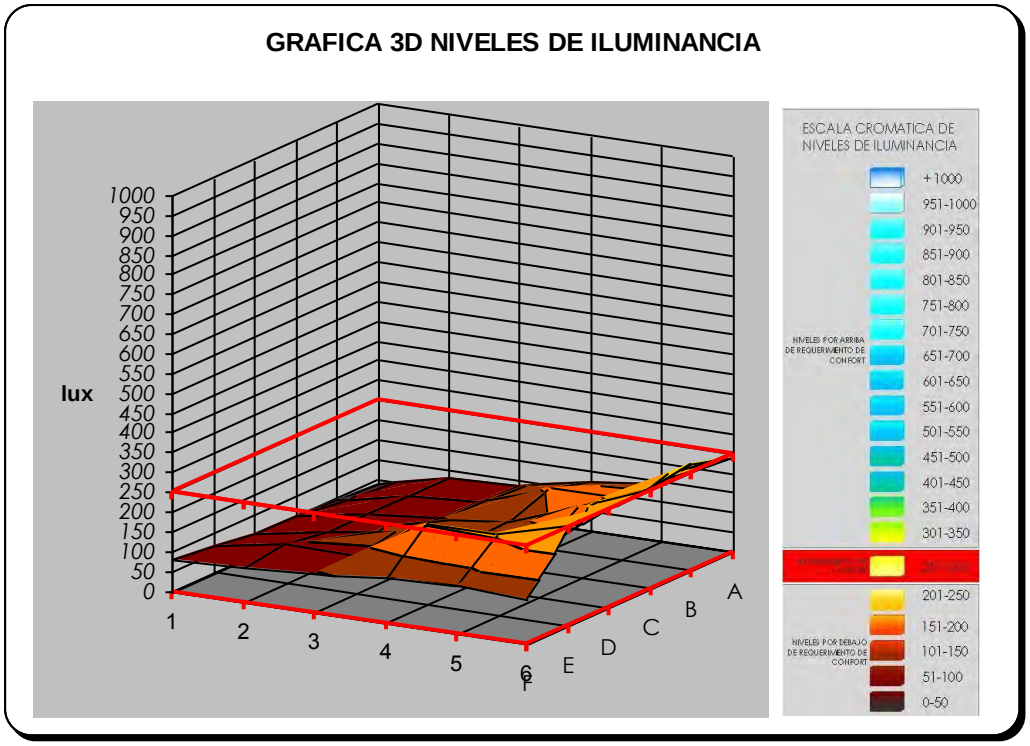


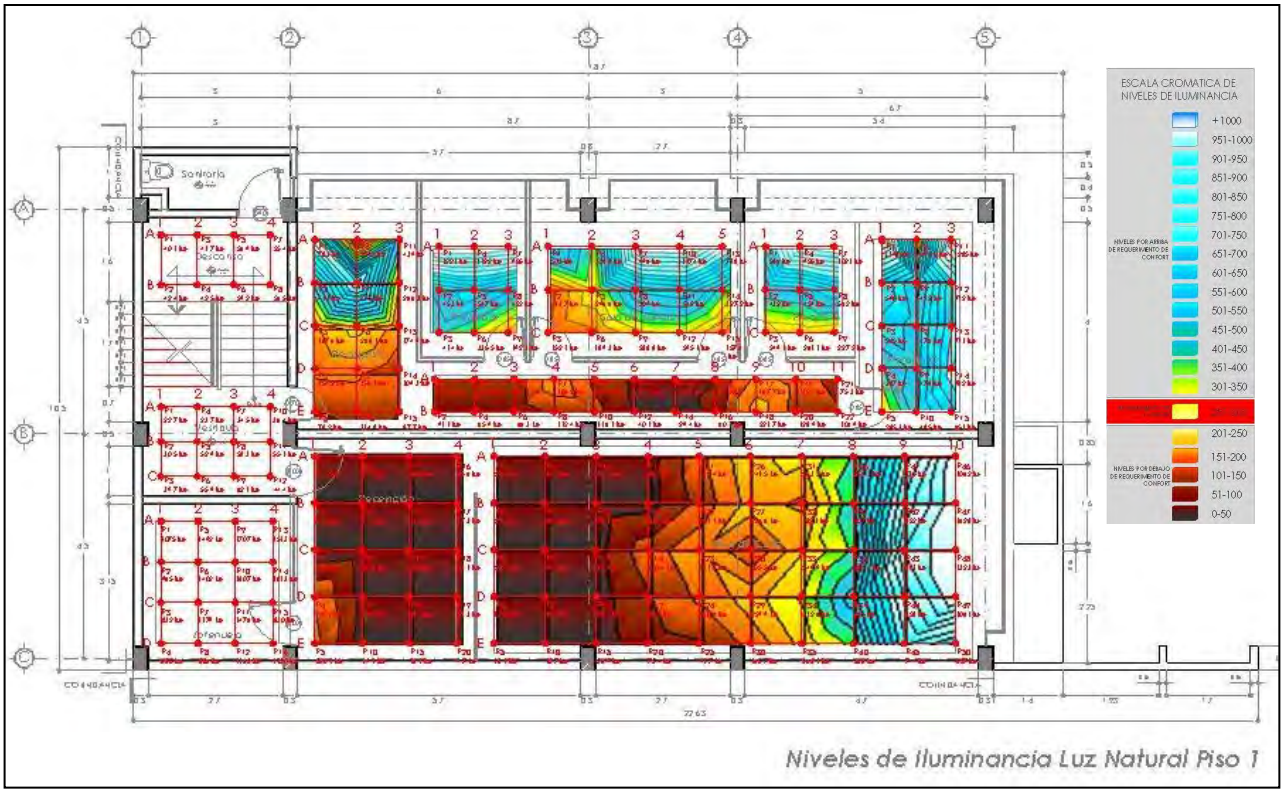
Figura 52. Gráfica Niveles de Iluminancia 3D Recepción Planta Baja

de luz natural al interior de los espacios que se presenta en el Anexo III. Niveles de Iluminancia Luz Natural.

Los planos que representan gráficamente las retículas de los puntos de medición, las gráficas isolux de las mediciones realizadas y las lecturas de la, fueron determinantes para identificar las zonas que cuentan con incidencia lumínica verificando si es la adecuada para satisfacer las necesidades lumínicas de ese espacio, o por consiguiente identificar las zonas con deficiencias lumínicas, con lo que se podrían establecer estrategias básicas para el diseño del sistema integral de aprovechamiento de iluminación natural.

Derivado del la representación gráfica de la mediciones en los planos, se puede comprobar que la condición que presentan los pisos 1, 2 y 3 respecto del muro divisorio, los que tienen la orientación sur son los mas afectados y ninguno de sus locales a excepción de los que tiene también la orientación Este o los más próximos a esta, tienen niveles de iluminación adecuados para el desempeño de las actividades, derivado de esta situación se generan contrastes lumínicos, sin que estos lleguen a ser deslumbramientos, siendo la parte media sur la más afectada o menos beneficiada en razón de iluminación natural.

Así también son estos los locales que presentan acabados en los muros que no contribuyen a una difusión óptima de la incidencia lumínica que se presenta en el local, generando que estos locales sean utilizados como archivos o pequeños almacenes, satisfaciendo sus necesidades lumínicas con iluminación eléctrica, lo cual representa por la tipología del edificio una desventaja respecto de la rentabilidad del mismo.



El nivel de iluminancia al interior de los locales representa un porcentaje de la iluminancia exterior, solo una parte de la iluminancia exterior penetra al interior de los espacios debido a distintas variantes como la distribución arquitectónica donde de manera implícita los muros, el plafón, piso y cristales, así como sus colores y texturas en estos, son determinantes e influyen en la calidad de luz natural en los espacios.

Posteriormente se determinó un factor importante en el comportamiento de la iluminancia en el interior y exterior de los espacios, el cálculo del *factor día,* que se refiere a la cantidad de luz que penetra a los locales con respecto a la iluminancia del exterior, el cálculo del factor día es expresado de la manera siguiente:

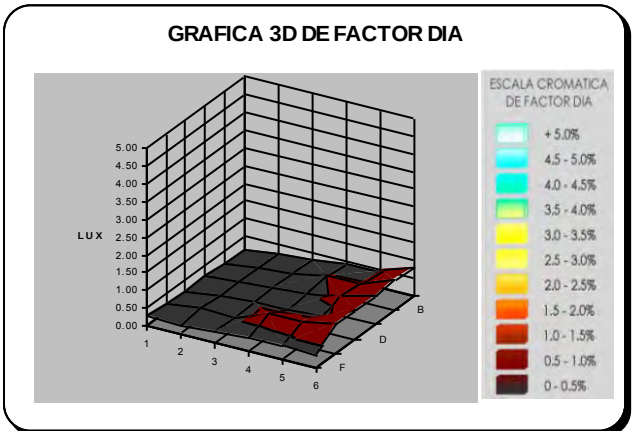


Figura 53. Gráficas de factor día

$$\textit{Factor Día} = \frac{\textit{(iluminancia interior) (100)}}{\textit{(iluminancia exterior)}}$$

El factor día indica el porcentaje de luz natural del exterior que esta incidiendo al interior de los espacios en el momento de la medición, de ahí la utilidad de las mediciones en el exterior y en diferentes condiciones, a la sombra e incidencia directa. El dato obtenido al igual que los valores de las lecturas de la retícula, fue gráficado para analizar el comportamiento de la luz natural en los espacios (Figura 53). Fue importante obtener el cálculo del factor día, ya que en la fase de la experimentación la similitud entre el factor día del caso de estudio y el obtenido en el modelo a escala, determinaran que primeramente el modelo a escala cumple con garantizar la proximidad de los valores de iluminancia reales y una vez instalado el dispositivo su evaluación este próxima a como se comportaría en condiciones reales.

4.3.2.2 Iluminación eléctrica

Considerando la retícula de la distribución de puntos de medición se evaluó con el mismo método de medición, exceptuando el dato de la iluminancia exterior, las condiciones actuales de

iluminación eléctrica, para verificar si satisfacían los requerimientos mínimos de iluminación para el correcto desempeño de las actividades especificas de cada local, por lo que al realizar el levantamiento arquitectónico del edificio se realizó el levantamiento de la instalación eléctrica identificando las luminarias instaladas en los locales (Anexo I. Planimetría / 4. Instalación eléctrica), asimismo se obtuvieron los datos correspondientes a: dimensiones, tipo de lámpara y potencia; con el objeto de calcular el consumo energético por concepto de iluminación eléctrica, cabe mencionar que fue necesario complementar los datos para el cálculo con entrevistas realizadas a los usuarios para considerar el dato del tiempo de utilidad u operabilidad de las lámparas.

El registro de la información sobre el consumo energético por concepto de iluminación eléctrica se realizó en las tablas de cálculo por cada piso del edificio (Tablas 7 y 8. Análisis cuantitativo y cualitativo de iluminación artificial, Planta Baja y Piso 1) para identificar las áreas con deficiencia lumínica y el mayor consumo energético.

TABLA DE ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

PLANTA BAJA	LOCAL	AREA (m2)	REQUERIMIENTO (Lux)	LEC.MAX (Lux)	LEC.MIN (Lux)	% AREA LOCAL EN CONFORT	% AREA TOTAL EN CONFORT	TIPO DE LAMPARA	POTENCIA (WATTS)	# DE LAMPARAS	GASTO ENERGETICO (kw/h)
	Recepción	22.8	300	586.0	99.0	33	6	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Almacen	20.6	200	274.0	15.0	8	1	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Privado A	11.6	500	1437.0	123.0	35	3	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Privado B	11.4	500	1854.0	365.0	75	7	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Privado C	11.7	300	1467.0	265.0	95	9	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Privado D	7.6	300	168.0	17.0	0	0	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	Privado E	7.7	300	107.0	55.0	0	0	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	Privado F	11.6	300	369.0	67.0	13	1	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Pasillo	13.1	200	46.0	5.1	0	0	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	AREA TOTAL=	**118.1**			% AREA TOTAL EN CONFORT=		**29**	GASTO ENERGETICO TOTAL=			**1.17**

Tabla 7. Análisis cuantitativo y cualitativo de iluminación artificial, Planta Baja
Fuente. Evaluación de la iluminancia en el caso de estudio.

TABLA DE ANALISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

PISO 1	LOCAL	AREA (m2)	REQUERIMIENTO (Lux)	LEC.MAX (Lux)	LEC.MIN (Lux)	% AREA LOCAL EN CONFORT	% AREA TOTAL EN CONFORT	TIPO DE LAMPARA	POTENCIA (WATTS)	# DE LAMPARAS	GASTO ENERGETICO (kw/h)
	Recepción	9.9	300	2224.0	380.0	100	9	FLUORESCENTE	75	2	0.15
	Privado A	5.6	300	1913.0	648.0	100	5	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	Privado B	5.9	300	1544.0	708.0	100	5	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	Privado C	9.4	500	2453.0	832.0	100	8	FLUORESCENTE	39	2	0.078
	Sala de Juntas	11.3	300	2118.0	90.0	73	7	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Pasillo	11.8	200	242.0	82.0	9	1	INCANDESCENTE	20	1	0.02
	Recepción	15.7	300	656.0	83.0	35	5	FLUORESCENTE	39	4	0.156
	Area de Corte	44.1	500	4640.0	118.0	54	21	FLUORESCENTE	39	11	0.429
	AREA TOTAL=	**113.7**			% AREA TOTAL EN CONFORT=		**61**	GASTO ENERGETICO TOTAL=			**1.145**

Tabla 8. Análisis cuantitativo y cualitativo de iluminación artificial, Piso 1
Fuente. Evaluación de la iluminancia en el caso de estudio.

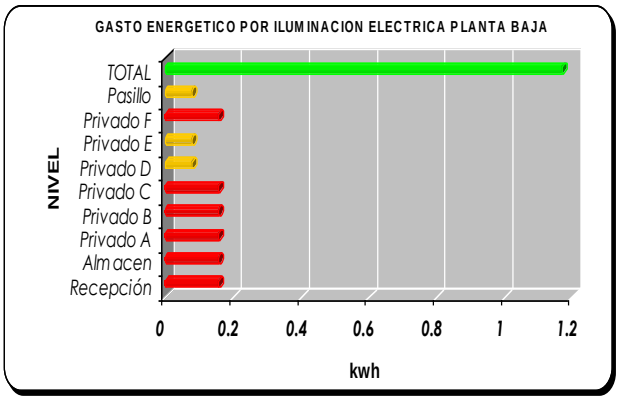


Figura 54. Gasto energético Planta Baja

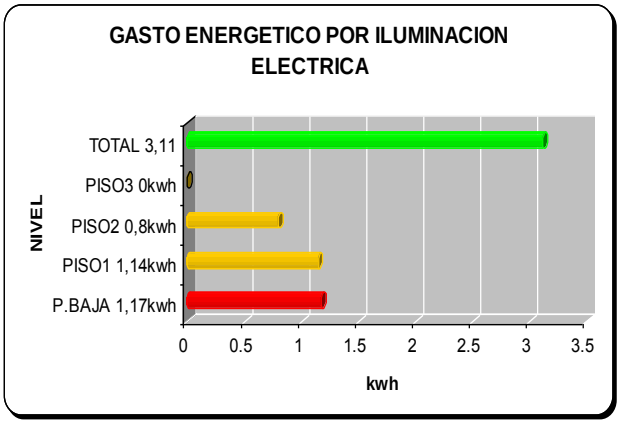


Figura 55. Gasto energético por iluminación eléctrica

4.3.2.2.1 Gasto energético por iluminación eléctrica.

El gasto energético total de edificio por concepto de iluminación eléctrica es de 3.11 kw/h con un periodo de 10 horas de operabilidad de las lámparas de las 8:00 a las 18:00hrs por día representa un consumo de 31.1 kw, siendo la Planta Baja donde se registró el mayor consumo energético con 1.17 kw/h (Figura 54), en segundo lugar el Piso 1 con un consumo de 1.14 kw/h, y por último el Piso 2 con un consumo de 0.8 kw/h (Figura 55) y que representado en porcentajes corresponden al 37% para los dos primeros y 24% para el último en mención (Figuras 56 y 57). Cabe aclarar que no se realizo medición en el Piso 3 debido a que este se encontraba deshabitado siendo una planta libre.

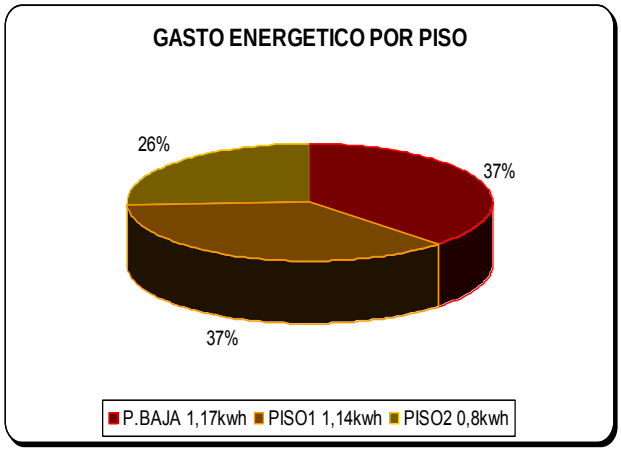


Figura 56. Porcentaje de Gasto energético

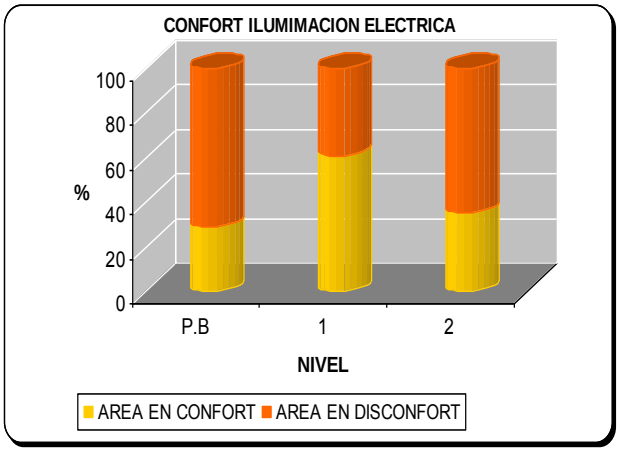
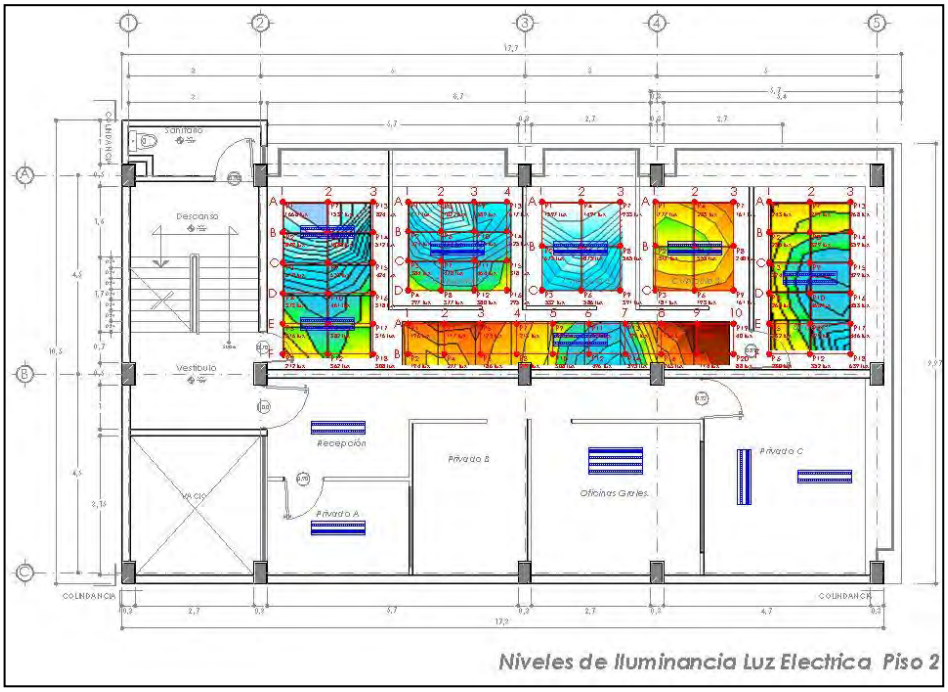


Figura 57. Porcentaje de confort lumínico

Así también se pudo identificar el porcentaje de área que estaba en confort de cada uno de los locales, es decir las áreas que cumplían con los requerimientos de iluminación según las actividades que se realizan, derivado de estos registros se identificaron las áreas que presentan problemas de iluminación ubicándose en la Planta Baja con apenas el 30% del total de su área en condiciones de confort, en segundo lugar el Piso 2 con 35% y el Piso 1 con 60%. Como consecuencia de esto se pudo concluir que un alto consumo energético por iluminación eléctrica no siempre garantiza que se satisfagan las necesidades de iluminación, tal es el caso de la Planta Baja, en doce por las condiciones arquitectónicas se presenta el mayor uso de energía eléctrica y sin embargo el diseño de la misma no cumple con satisfacer las necesidades de iluminación requeridas para la correcta ejecución de los trabajos realizados.



4.4 Resultados y conclusiones del diagnóstico del caso de estudio

En el análisis de iluminación de un espacio por medio de métodos en los que se estudien diferentes variantes de diseño como son el mismo proceso de diseño hasta la construcción misma del edificio, es muy importante el papel que juega la envolvente del edificio (García, 1999), ya que ésta puede garantizar tener mejores y óptimos niveles de confort con lo que respecta a la iluminación.

La orientación juega un papel importante dentro de la arquitectura bioclimática ya que es una variante del diseño para el aprovechamiento y la optimización de los recursos energéticos, de ahí el consumo energético que pueda generar una edificación para satisfacer sus necesidades de iluminación y de climatización.

Para el caso de estudio la orientación no beneficia a todos los locales, siendo que los orientados al sur no tienen la posibilidad de tener luz natural debido a la condicionante de colindancia con otro predio lo que no permite la abertura de vanos por medio de los cuales se pudiera generar iluminación unilateral, ya que su desarrollo es sobre el eje longitudinal y esto permitiría tener más superficie de incidencia de la luz natural al interior de los locales; caso contrario es el de la fachada norte donde existe la mayor área de captación pero la baja transmitancia de los cristales tipo filtrasol impide tener una incidencia óptima de la luz natural generando con esto contrastes y una distribución desproporcionada de la luz.

Otro factor determinante es el manejo cromático en los acabados de los locales principalmente los orientados al sur, donde utilizan colores oscuros que no benefician en la reflexión de la luz y que generan en los locales áreas de penumbra, provocando que la operabilidad de las lámparas y el consumo de energía eléctrica sea permanente.

En aspecto conceptual el diseño de la envolvente del edifico es bueno, generando en las dos fachadas superficies de captación de luz por medio de vanos de áreas considerables, además en la parte baja de dichos vanos existen unos antepechos de concreto que se prolongan hacia en el interior de los locales, los cuales podrían funcionan como dispositivos difusores horizontales de la iluminación, la única desventaja son los cristales filtrasol que disminuye la incidencia de la luz al interior.

Como factores externos las fachadas del edificio presentan materiales cerámicos y aplanados de mortero, con bajos índices de reflectancia. Por lo que respecta al entorno urbano inmediato en su alrededor existen construcciones de poca altura para lo cual no existen obstrucciones para la captación de luz.

Como resultado del diagnóstico del estado actual del edificio y estableciendo estrategias generales de diseño se considera necesario hacer más eficiente el área de captación de las fachadas referente a la iluminación unilateral con el cambio de los cristales actuales por cristales con un índice de transmitancía no menor de 0.70 que permitan la difusión de la luz, también es importante utilizar colores claros que permitan por medio de las superficies verticales la difusión adecuada de la luz.

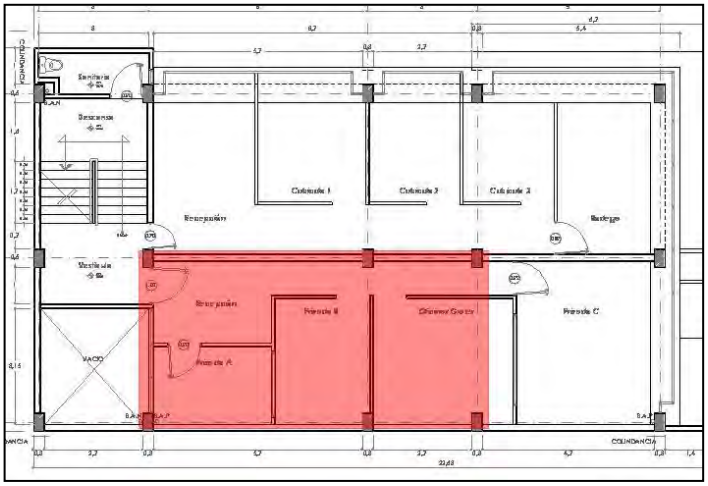


Figura 58. Área con deficiencia lumínica

En conclusión la principal estrategia de diseño analizando todas las condicionantes del edificio y la particularidad de sus espacios, se determinó que la estrategia de mayor utilidad es la iluminación cenital. Siendo aprovechada por medio de un dispositivo, tipo “ducto lumínico vertical”, que permita distribuir la iluminación hacia el interior de los locales en la parte sur del edificio la que tiene los menores niveles de iluminancia (Figura 58), ya que existen condiciones en el contexto urbano que permitirían la captación de este recurso, además que las condiciones climáticas favorecen con 226 días de cielo despejado, según datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), garantizando el funcionamiento eficiente de un sistema integral para la captación de luz natural de manera cenital.

4.5 Análisis climático para caso de estudio.

Geográficamente la Ciudad de México tiene las siguientes coordenadas latitud 19° 24´ N, longitud de 99° 12´, altitud de 2,308 msnm y una clasificación climática según el sistema modificado Köppen-García **Cb w1 (w) (i´) g** correspondiente a **Templado poca oscilación** (Tabla 9. Clasificación de climas según el sistema modificado Koppen- García), lo cual representa una ventaja para un optimo aprovechamiento de recursos naturales, incluyendo la energía solar en su componente lumínica, ya que la componente térmica es minima por la poca oscilación. Por lo que se consideró analizar el promedio de radiación solar y la condición de cielo para determinar si era factible la implementación de un dispositivo.

Clasificación de climas según el sistema modificado
KÖPPEN-GARCÍA

Datos Generales

Ciudad:	TACUBAYA	
Estado:		
Estación:		
Coordenadas Geográficas:		
Latutud:	19º,24'	N
Longitud:	99º,12'	Oeste
Altitud:	2308	msnm
Periodo de observación:		
Temperatura	15 años	
Precipitación	15 años	

Datos Generales del Clima

Temp. (ºC) ,	Prec. (mm)
Temp. Maxima	18,1
Temp. Media:	15,6
Temp. Mínima:	12,9
Prec. Máxima:	175,1
Prec. Mínima:	4,3
Prec. Total.	816,2
P/T	52,18
% Prec. Invern:	3,11%
Oscilación	5,2

Grupo climático	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
A	
C	Cb w1(w) (i')g
B	
E	
Descripción:	Templado poca oscilación tipo ganges no ha canícula

CLIMA	Cb w1(w) (i')g

Datos Climáticos

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Temperatura	12,9	14,5	17,0	18,0	18,1	17,2	16,0	16,3	15,7	15,1	14,0	12,9	15,6
Precipitación	11,0	4,3	10,1	25,9	56,0	134,8	175,1	169,2	144,8	66,9	12,1	6,0	816,2

Tabla 9. Clasificación de climas según el sistema modificado Koppen- García
Fuente. Análisis climático de la Ciudad de México con datos de Normales Climatologicas.

Las condiciones climáticas de la Ciudad de México según su clasificación climática y el análisis realizado con los datos de las Normales Climatológicas 1971-2000 del Sistema Meteorológico Nacional (SMN), (Tabla 10. Tabla de Datos Climáticos) la radiación máxima total anual es de 665.8 W/m^2 y en promedio 229 días presentan condiciones de cielo despejado y semidespejado correspondiente al 63% anual, lo que favorece la alternativa y posibilidad de garantizar mayor eficiencia al implementar sistemas de aprovechamiento de luz natural en edificios comerciales de oficinas de más de cuatro niveles y con ello reducir el consumo de energía eléctrica para satisfacer necesidades y requerimientos de iluminación.

TACUBAYA	1971-2000
CLIMA	*Cb w1(w) (i')g*
BIOCLIMA	*SEMI-FRIO*
LATITUD	19º,24'
LONGITUD	99º,12'
ALTITUD	2308 msnm

Tabla de Datos Climáticos

fte	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	TEMPERATURAS														
A	MAXIMA EXTREMA	ºC	29,4	29,0	32,5	33,0	32,8	32,8	30,0	27,7	28,5	28,9	29,3	26,4	33,0
A	MAXIMA	ºC	21,2	22,9	25,7	26,6	26,5	24,6	23,0	23,3	22,3	22,2	21,8	20,8	23,4
A	MEDIA	ºC	12,9	14,5	17,0	18,0	18,1	17,2	16,0	16,3	15,7	15,1	14,0	12,9	15,6
A	MINIMA	ºC	5,8	7,1	9,2	10,8	11,7	12,2	11,5	11,6	11,5	9,8	7,9	6,6	9,6
A	MINIMA EXTREMA	ºC	-9,5	-4,4	0,5	4,0	1,1	7,0	5,3	6,4	1,6	1,1	-0,8	-1,3	-9,5
D	OSCILACION	ºC	15,4	15,8	16,5	15,8	14,8	12,4	11,5	11,7	10,8	12,4	13,9	14,2	13,8
	HUMEDAD														
A	TEMP.BULBO HUMEDO	ºC	8,1	9,1	10,2	11	12,1	13	12,7	13	12,6	11,2	9,9	8,5	11,0
D	H.R. MAXIMA	%	78	71	65	66	76	88	95	96	95	90	86	84	82,5
A	H.R. MEDIA	%	55	50	46	47	54	64	70	71	71	66	62	60	59,7
D	H.R. MINIMA	%	32	29	27	28	32	40	45	46	47	42	38	36	36,8
A	TENSION DE VAPOR	mb	8,2	8,1	8,7	9,6	11,2	12,8	13,2	13,3	13,3	11,8	10,2	9,2	10,8
E	EVAPORACIÓN	mm	97,5	113,4	169,4	161,7	151,2	117,5	100,4	93,2	89,5	92,8	84	79,4	1.350,0
	PRESION														
A	MEDIA	hp	773,9	773,7	773,3	773,7	773,9	773,9	774,8	774,8	773,9	774,7	774,8	774,5	774,2
	PRECIPITACION														
A	MEDIA	mm	11,0	4,3	10,1	25,9	56,0	134,8	175,1	169,2	144,8	66,9	12,1	6,0	816,2
A	MAXIMA	mm	99,8	23,0	62,0	99,8	149,0	358,6	306,2	334,2	317,8	167,5	100,9	33,7	358,6
A	MAXIMA EN 24 HRS.	mm	32,9	18,1	20,8	39,1	50,8	71,2	53,5	79,3	73,0	57,1	41,1	15,1	79,3
A	MAXIMA EN 1 HR.	mm	7,6	7,3	10,0	35,3	41,5	45,3	53,5	36,5	57,0	46,5	18,0	5,4	57,0
A	MINIMA	mm	0,1	0,5	0,8	0,8	14,3	29,0	62,1	60,8	38,6	0,3	0,7	0,2	0,1
	RADIACION SOLAR														
B	RADIACION MAXIMA TOTAL	W/m2	645,0	748,0	797,0	750,0	718,0	632,0	617,0	636,0	637,0	628,0	610,0	571,0	665,8
B	RADIACION MAXIMA DIRECTA	W/m2	474,0	572,0	603,0	534,0	489,0	406,0	389,0	408,0	416,0	424,0	428,0	396,0	461,6
D	RADIACION MAXIMA DIFUSA	W/m2	171,0	176,0	194,0	216,0	229,0	226,0	228,0	228,0	221,0	204,0	182,0	175,0	204,2
A	INSOLACION TOTAL	hr	178,2	201,6	216,1	186,2	184,0	138,6	135,2	147,8	118,9	151,0	170,1	150,5	1.978,2
	FENOMENOS ESPECIALES														
A	LLUVIA APRECIABLE	días	2,25	2,06	3,10	7,86	12,70	17,73	23,40	22,83	18,90	9,53	4,43	2,63	127,42
A	LLUVIA INAPRECIABLE	días	1,60	2,46	3,36	5,40	5,23	3,63	3,86	3,80	3,63	3,93	3,16	2,26	42,32
A	DIAS DESPEJADOS	días	14,00	13,40	13,44	8,72	6,10	2,26	0,60	0,53	1,17	5,40	8,70	9,96	84,28
A	MEDIO NUBLADOS	días	11,14	10,36	12,37	15,62	15,65	10,80	9,33	11,53	9,26	10,96	13,83	13,43	144,28
A	DIAS NUBLADOS	días	5,53	4,33	4,72	5,13	8,55	16,16	20,26	18,16	18,50	13,53	6,90	7,16	128,93
A	DIAS CON ROCIO	días	0,75	0,36	0,03	2,33	0,03	2,40	1,50	1,06	0,10	2,73	2,33	2,33	15,95
A	DIAS CON GRANIZO	días	2,00	0,23	1,56	0,48	1,17	1,06	4,46	4,53	1,53	0,53	2,20	0,80	20,55
A	DIAS CON HELADAS	días	3,42	1,40	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,46	1,13	2,93	9,80
A	DIAS CON TEMP.ELEC.	días	0,17	0,33	1,13	2,96	4,46	5,16	7,43	7,03	5,10	2,50	1,00	0,23	37,50
A	DIAS CON NIEBLA	días	8,69	7,14	7,57	9,00	8,17	7,75	9,93	8,27	9,00	10,65	8,24	8,37	102,78
A	DIAS CON NEVADA	días	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
A	VISIBILIDAD DOMINANTE	m	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	VIENTO														
C	DIRECCION DOMINANTE		E	E	O	NE	N	N	NO	NO	N	NO	N	NE	N
C	VELOCIDAD MEDIA	m/s	0,7	0,9	1,9	0,9	1,2	1,1	0,9	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0
C	VELOCIDAD MAXIMA	m/s	1,8	2,4	1,9	1,5	1,2	1,3	1,4	1,1	0,9	1,0	1,5	2,3	2,4

Tabla 10. Tabla de Datos Climáticos
Fuente. Análisis climático de la Ciudad de México con datos de Normales Climatologicas.

4.5.1 Geometría Solar ubicación caso de estudio.

Considerando los datos del estudios del análisis climático referente al promedio de radiación solar y las condiciones de cielo despejado y semidespejado que representa una gran ventaja en las condiciones ambientales del sitio, es necesario realizar un estudio de importancia para el diseño de los dispositivos de aprovechamiento de energía solar en su componente lumínica, con el cual se evaluaran los aspectos cualitativos de las condiciones de *incidencia solar* correspondiente a la ubicación del caso de estudio. Dicho estudio estará determinando por el trazo geométrico de la montea solar correspondiente a la latitud 19°28´25´´ N (Figura 59), con la finalidad de obtener los datos geométricos y gráficos de la incidencia solar en diferentes

periodos del año de manera específica en el edificio caso de estudio y poder determinar estrategias de diseño sobre el control de la incidencia.

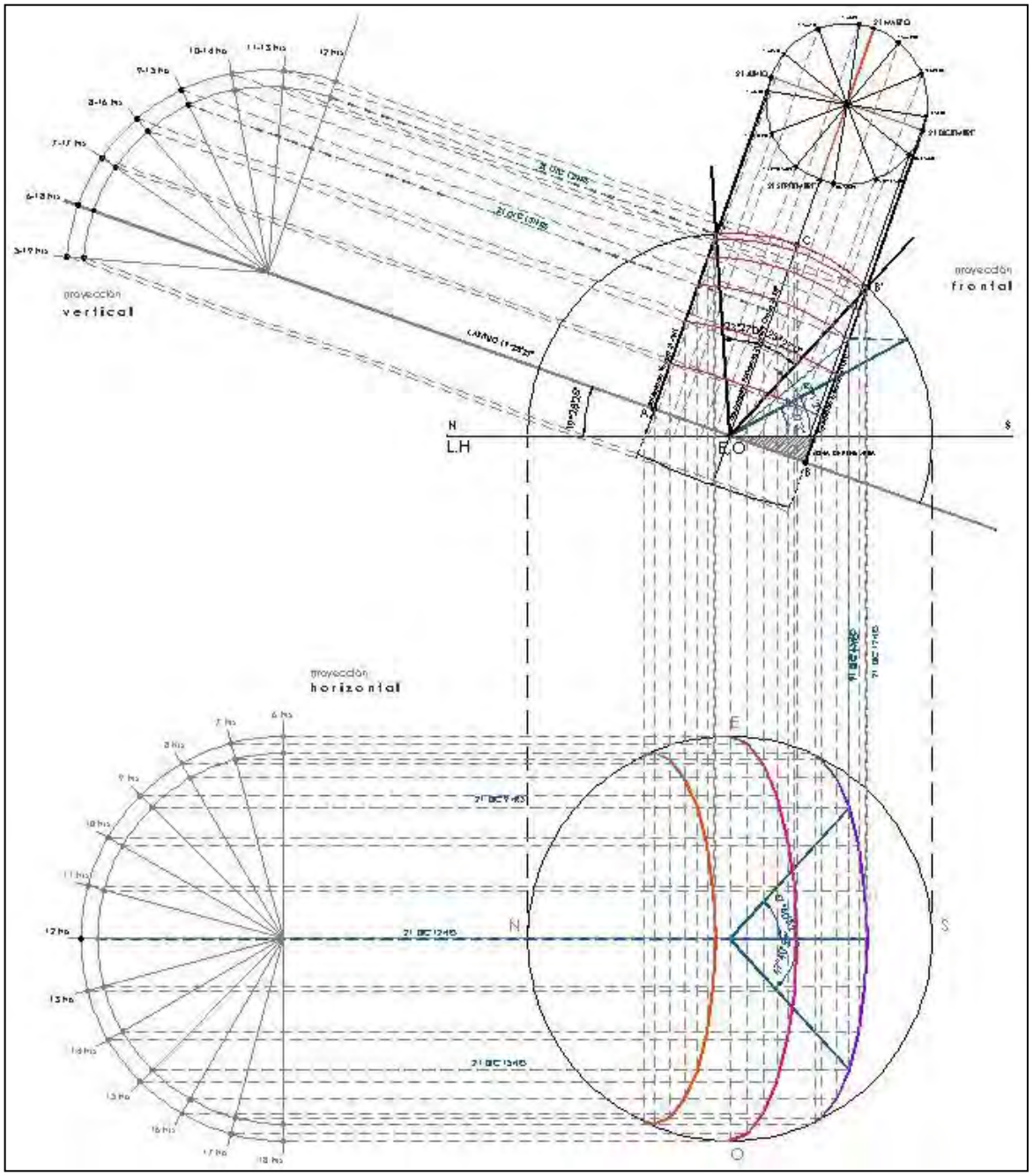


Figura 59. Montea Solar 19°28´25´´ N

5. Diseño e implementación del Sistema Integral de Iluminación Natural (SIIN)

5.1 Metodología de la experimentación

La experimentación se denomina como un procedimiento empírico para comprobar una hipótesis, lo especifico en el experimento es el control de variables (Gutiérrez, 1980), por lo que el investigador puede provocar una cambio deliberado en uno de los elementos que estudia "variable independiente" esperando que otro elemento "variable dependiente" también cambie de acuerdo con la hipótesis que se quiere comprobar, si efectivamente se produce ese cambio esperado y se repite las veces que se requiera se lograría tener una base comprobatoria de la hipótesis en cuestión.

Para la experimentación de esta investigación se propone dividir los procesos en fases de desarrollo que de manera general están implícitas en el modelo a escala, el diseño del dispositivo y los resultados obtenidos, a continuación se presenta una esquema de las fases plateadas (Tabla 8).

METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN		
Fase	**Denominación**	**Descripción**
1	Modelo a escala	Elaboración del modelo a escala (1:25) y su calibración determinada con mediciones en condiciones similares a la evaluación de la iluminancia en el caso de estudio, elección de los materiales a utilizar.
2	Evaluación de dispositivos	Valoración de dispositivos existentes de aprovechamiento de luz natural para la elección, considerando variantes de diseño como materiales, dimensiones aspectos cuantitativos y cualitativos de la calidad de luz natural al interior de los espacios.
3	Diseño de Dispositivo	Calculo geométrico y dimensionamiento del dispositivo a implementar considerando los resultados obtenidos en la fase anterior respecto de los materiales y dimensiones para ser considerandos respecto del espacio y las condiciones del caso de estudio.
4	Implementación del dispositivo al modelo a escala	Adaptación del dispositivo con el diseño definitivo en el modelo a escala para la evaluación cuantitativa y cualitativa de la calidad de luz natural al interior de los espacios.
5	Resultados	Comparativa de los resultados obtenidos entre la iluminancia del caso de estudio y la obtenida en el modelo a escala.

Tabla 8. Descripción de la metodología de la experimentación

5.2 Elaboración de modelo a escala y calibración del mismo.

La evaluación de la calidad de luz natural al interior de los espacios del edificio caso de estudio estuvo determinada por las mediciones que se realizaron de la iluminancia de cada local en cada piso que conforma el edificio, sin embargo para la comprobación de la hipótesis planteada al diseñar un dispositivo que garantice el máximo aprovechamiento de luz natural para ser distribuida al interior de los locales, se plantea como parte de la metodología de la investigación y del procedimiento de experimentación la elaboración de un modelo a escala (maqueta) del edificio caso de estudio el cual debería cumplir con la mayor similitud entre ambos; para esto se tuvo que determinar los materiales a utilizar, un sistema constructivo y los acabados.

Otro aspecto considerado desde la distribución de los puntos de medición para la evaluación del edificio caso de estudio, fue la escala utilizada para la maqueta correspondiente a 1:25 como resultado de preveer el fácil manejo del sensor al interior de los locales de la maqueta ya que la retícula de distribución de puntos en la maqueta corresponde a la misma planteada en el edificio caso de estudio, de esta manera se buscó que la evaluación de la iluminancia estuviera en igualdad de condiciones.

5.2.1 Diseño constructivo.

La idea de contar con una maqueta que tuviera facilidad de movilidad se materializó con la implementación de un sistema de armado reversible, es decir que se pudiera desarmar para su traslado y manejo, por lo que se consideró que la superestructura columnas y losas dieran el soporte principal. Derivado de lo anterior se propuso un sistema de hembra-macho (telescópico) en la unión de las columnas (Figura 60), las cuales iban a sostener a las losas y estas a su vez sostendrían a los muros divisorios que conformarían la distribución arquitectónica de los locales (Figura 61).

Figura 60. Unión de columnas

Figura 61. Sujeción columnas-losas-muros

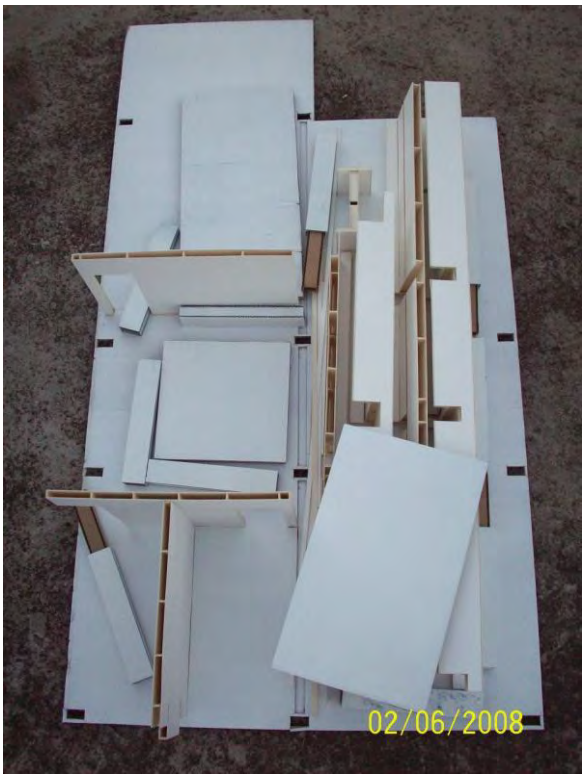


Figura 62. Muros a base de bastidores

Para los muros se consideró un factor muy importante, la posible transmitancia que pudiera influir en el comportamiento de la iluminancia al interior de los espacios reflejado directamente en las mediciones con lecturas mayores a las reales, por lo que atendiendo ese factor y un secundario como la dimensiones del propio modelo a escala para garantizar la similitud de los elementos y el correcto comportamiento lumínico, se propuso construir los muros a base de bastidores los cuales garantizarían tener dos elementos que en primera instancia controlarían la transmitancia del propio material y cumplirían con dar el grosor de los muros en la escala propuesta (Figura 62), cabe mencionar que todos los muros los divisorios y los perimetrales (faldones) se construyeron con este procedimiento.

Otro factor que se consideró para garantizar que no se tuvieran pérdidas o ganancias de iluminancia al interior de los locales, fue la unión de los muros con las losas, es decir el detalle de desplante, para lo cual se propuso hacer una hendidura en las losas ya que su composición de dos laminas lo permitió para que la base de los muros penetrara en esas hendiduras las cuales iban a permitir garantizar el no tener ganancias o en su defecto perdidas de incidencia de luz que influyeran en el resultado de la evaluación (Figura 63). Así también con ese mismo procedimiento se realizó la unión entre muros, por ejemplo en el muro sur de colindancia se diseño un panel reticular que corresponde a la distribución de los muros que conforman los locales de cada piso y las losas permitiendo una hermeticidad en la unión de todos los elementos y sin filtraciones o perdidas lumínicas (Figura 64).

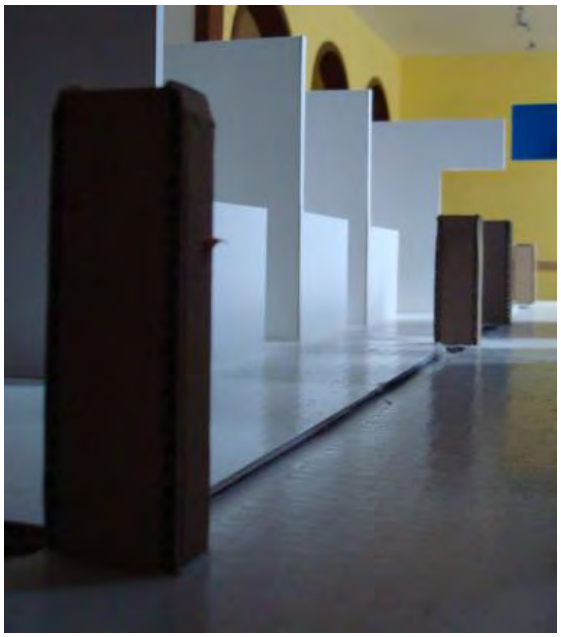


Figura 63. Hendiduras en losas para muros

Figura 64. Panel reticular muro Sur maqueta

5.2.2 Materiales y acabados

El material principal utilizado para la construcción de la maqueta fue básicamente el cartón en varias presentaciones por sus composiciones y sus dimensiones, además de garantizar un índice de transmitancia medio el cual con un tratamiento en los acabados permitiría tener las condiciones similares para la evaluación lumínica de la maqueta.

Losas. Las losas se fabricaron de cartón corrugado uniendo dos láminas de este para garantizar mayor rigidez y el espesor de la losa. Los acabados fueron una capa de primario anticorrosivo para el sellado de la superficie y evitar la absorción del acabado final el cual consistió en pintura blanca esmalte brillante el cual correspondía con los colores del edificio caso de estudio simulando la brillantez de la cerámica del piso, para las columnas se consideraron los mismos materiales y acabados.

Muros. Los muros se fabricaron con papel batería con el sistema descrito anteriormente de bastidores del mismo material, los cuales por las partes que serian visibles a los interiores de los locales se aplico una capa de pintura vinílica blanca para el sellado del material toda vez que la mayoría de los muros del caso de estudio presentan ese color en sus acabados, posteriormente se aplico una segunda capa de la misma pintura para tener una superficie uniforme en el acabado; respecto de los muros que diferían de ese color se aplicó una capa de pintura acrílica del color correspondiente en este caso azul y marrón. Cabe aclarar que en el caso de los muros el acabado final fue en mate ya que el caso de estudio así lo presentó.

5.2.3 Calibración

El método que se planteó para determinar si la maqueta cumplía con la similitud del caso de estudio fue realizar la evaluación de la iluminancia en la maqueta con las mismas condiciones, una distribución de puntos con una separación de 0.70 m (Esc 1:25), realizando mediciones al exterior (Figura 65 y 66) y al interior (Figura 67) en cada uno de los locales y con la condición de cielo despejado, el día de la medición fue el 3 de julio de 2008.

Figura 65. Evaluación de modelo a escala

Figura 66. Medición al exterior

Es importante aclarar que la evaluación del modelo a escala no consistió en verificar que los niveles de iluminancia representados de igual manera con gráficas de isoluxes fueran similares a los obtenidos en la evaluación del caso de estudio, si no que el factor día, que es el porcentaje de incidencia de la iluminancia del exterior al interior de los locales, fuera similar entre el modelo a escala y caso de estudio, con esta condición se podría constatar que el modelo a escala esta debidamente calibrado y que al instalar o implementar un dispositivo lumínico los resultados que se obtuvieran serian validos para comprobar su buen funcionamiento.

Otro aspecto a considerar es que los valores obtenidos en las mediciones se tuvieron que multiplicar por un factor del (0.7) debido a que en el modelo a escala no se consideró simular los cristales filtrasol que presenta el edificio caso de estudio por lo que fue mas practico considerar este factor en el aspecto matemático de la evaluación así todos los valores tendrían una uniformidad.

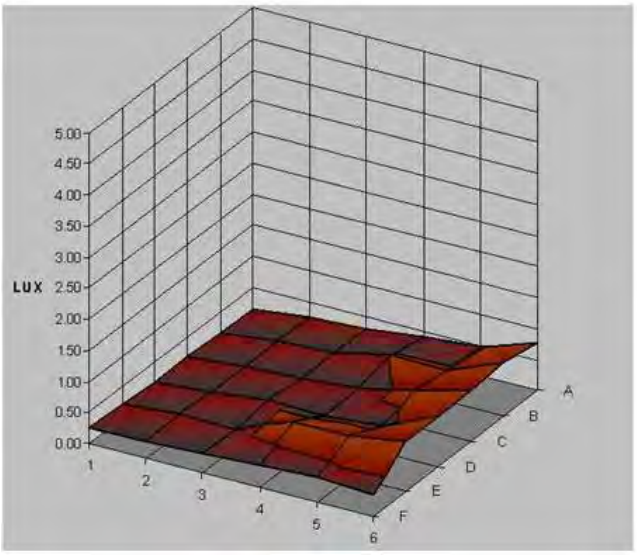
Figura 67. Medición al interior

La evaluación solo requirió de que el modelo a escala estuviera bien orientado conforme al norte magnético y realizar las mediciones en intervalos de 2 minutos de manera simultanea al exterior y al interior para así poder obtener el calculo de factor día, gráficarlo y compararlo con el caso real. A continuación se presenta la comparativa del factor día entre el caso de estudio y la maqueta, cabe mencionar que se presentan la gráficas correspondientes a la zona crítica del edificio.

Comparativa del Factor Día en la Recepción de la Planta Baja

TABLA DE FACTOR DIA						
EJES	1	2	3	4	5	6
A	0.14	0.26	0.29	0.40	0.46	0.77
B	0.16	0.27	0.31	0.51	0.51	0.87
C	0.18	0.27	0.32	0.37	0.59	0.82
D	0.18	0.27	0.35	0.36	0.41	0.80
E	0.24	0.32	0.31	0.66	0.66	0.80
F	0.28	0.27	0.31	0.36	0.39	0.35

TABLA DE FACTOR DIA						
EJES	1	2	3	4	5	6
A	0.21	0.30	0.31	0.45	0.70	0.90
B	0.25	0.30	0.35	0.60	0.60	1.00
C	0.30	0.30	0.25	0.40	0.64	1.10
D	0.10	0.35	0.30	0.45	0.50	1.15
E	0.15	0.40	0.35	0.80	0.70	0.90
F	0.30	0.15	0.35	0.50	0.50	0.50



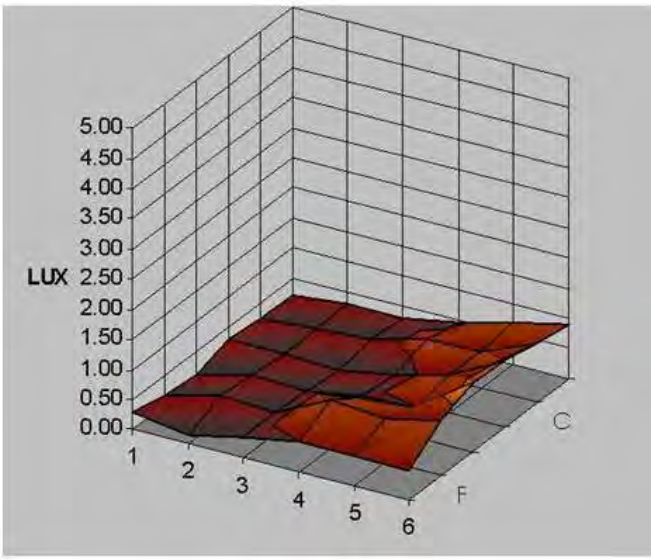


Figura 68. Comparativa de gráficas 3D del Factor Real de la Recepción en la Planta Baja

Comparativa del Factor Día en el Privado C de la Planta Baja

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	2.87	2.75	2.48	1.38
B	1.50	1.61	1.15	0.93
C	0.81	0.86	0.34	0.65
D	0.56	0.60	0.51	0.37
E	0.49	0.31	0.54	0.37

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	3.50	3.20	3.20	3.50
B	1.85	1.90	1.95	1.20
C	1.20	1.20	0.50	0.80
D	0.70	0.50	0.30	0.50
E	0.50	0.50	0.45	0.45

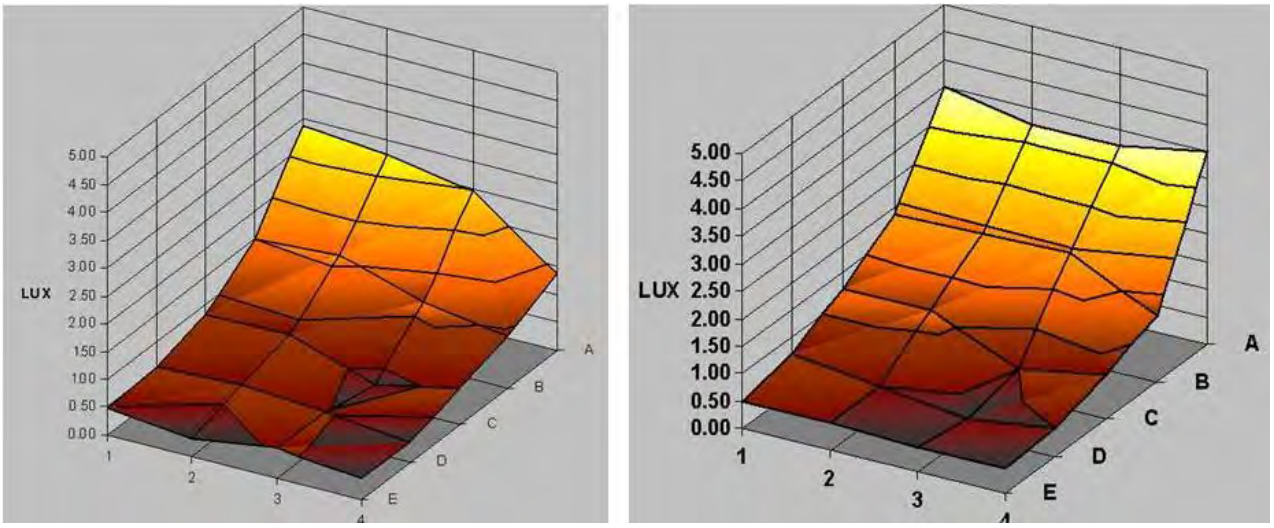


Figura 69. Comparativa de gráficas 3D del Factor Día del Privado C Planta Baja

Los resultados obtenidos respecto del calculo del Factor Día en el modelo a escala correspondientes a los locales de la Planta Baja, son similares respecto de los obtenidos en la evaluación del caso de estudio, cabe mencionar que en esta muestra se seleccionaron locales con orientaciones distintas en lo que se refiere a la incidencia de luz natural, por lo que la recepción se orienta hacia el Este y el Privado C hacia el Norte, con lo que se pretende evidenciar que todos los locales, incluyendo los que presentan deficiencias y los que cumplen con los requerimientos lumínicos, tienen comportamientos similares, toda vez que esto garantizara la veracidad en los datos obtenidos y los que resulten al implementarse el Sistema Integral.

Comparativa del Factor Día en la Recepción y Área de Corte en el Piso 1

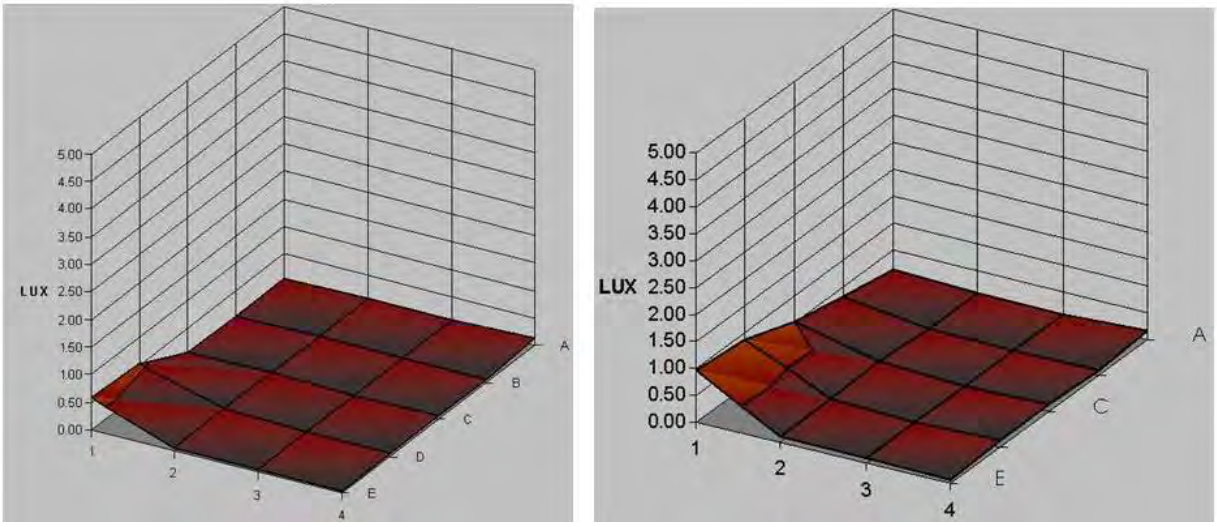


Figura 70. Comparativa de gráficas 3D del Factor Día de la Recepción Piso 1

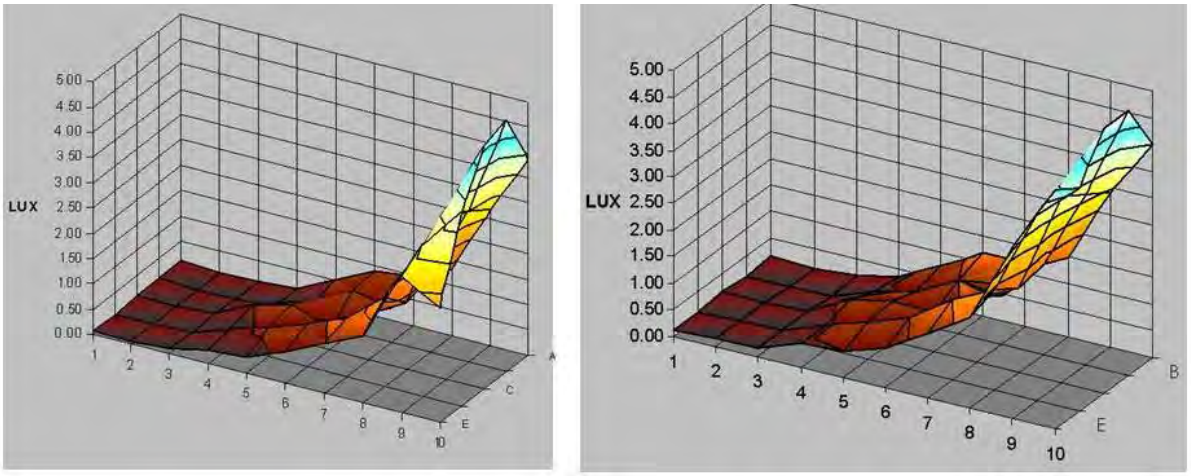


Figura 71. Comparativa de gráficas 3D del Factor Día del Área de Corte Piso 1

Los resultados obtenidos respecto del calculo del Factor Día en el modelo a escala correspondientes a los locales del Piso 1 exclusivamente los del despacho orientado hacia el Sur y que presentan las deficiencias lumínicas, manifiestan la similitud del comportamiento lumínico respecto de los locales del caso de estudio, cabe mencionar que estos locales presentan acabados en colores obscuros, de manera que se pudo comprobar que el modelo a escala, tuvo un comportamiento similar.

Comparativa del Factor Día en el Privado A en el Piso 2

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	4.38	1.59	0.66	0.21
B	1.84	1.10	0.70	0.37
C	0.81	0.47	0.33	0.21

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	4.00	2.00	1.20	0.70
B	3.50	1.50	1.30	0.75
C	2.50	0.75	0.75	0.50

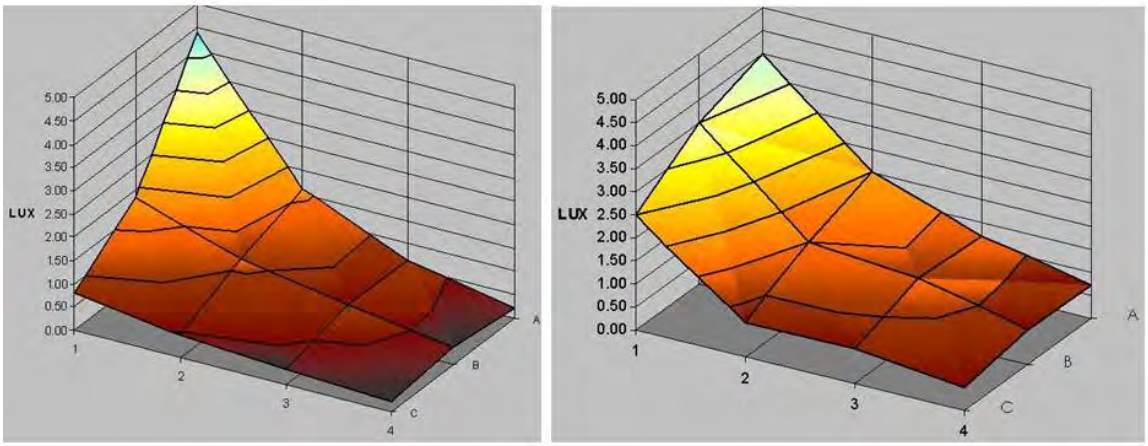


Figura 72. Comparativa de gráficas 3D del Factor Día del Privado A en el Piso 2

Comparativa del Factor Día en el Privado C en el Piso 2

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	0.41	0.40	1.68	2.97
B	0.52	0.68	1.49	2.10
C	0.59	0.67	1.51	2.91
D	0.41	0.67	1.92	2.72
E	0.45	0.60	1.43	1.77

TABLA DE FACTOR DIA				
EJES	1	2	3	4
A	0.60	1.00	1.95	3.20
B	0.75	1.10	1.60	2.50
C	0.80	1.15	1.75	3.20
D	0.50	1.00	2.30	3.10
E	0.65	1.05	1.65	2.10

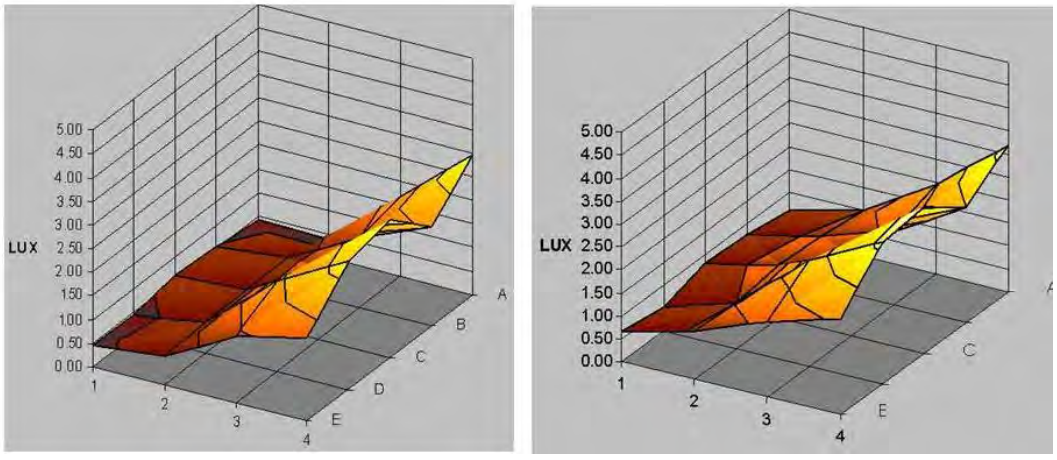


Figura 73. Comparativa de gráficas 3D del Factor Día del Privado C en el Piso 2

Con la medición de los niveles de iluminancia en el modelo a escala, se logro determinar el cálculo del Factor Día para comprobar que el modelo a escala tiene el mismo comportamiento lumínico del edificio caso de estudio. Los valores obtenidos de esta evaluación están ligeramente por encima de los obtenidos en la evaluación del caso de estudio, si embargo están dentro de un rango que permitió considerar que la maqueta estuvo calibrada y lista para poder ser modificada y evaluada con la implementación del un Sistema Integral.

5.3 Evaluación de dispositivos

La evaluación realizada respecto de la calidad y niveles de iluminancia del caso de estudio permitió identificar cual era la zona más afectada, así como establecer la principal estrategia de diseño, contemplando todas las condicionantes del edificio y la particularidad de sus espacios, determinando que la *iluminación cenital* es la mejor opción ya que podría distribuirse al interior de los locales en la zona con deficiencias del edificio, ya que las condiciones en el contexto urbano circundante lo permiten, y las condiciones climáticas que favorecen con 226 días de cielo despejado el 62% del año.

Con estos antecedentes y con el estudio del estado del arte de los principales dispositivos de aprovechamiento de energía solar, en este caso los dispositivos enfocados al aprovechamiento de la componente lumínica de dicha energía, el *luminoducto* resulta ser un sistema de iluminación que capta la luz natural mediante cúpulas situadas en la cubierta de los edificios y la refleja por un ducto con un recubrimiento interior de material altamente reflectante hacia los espacios por varios metros. Así también se encuentran los *cajillos o tragaluces* los cuales consisten en vanos en las techumbres que proveen de luz natural a los espacios con la limitante de garantizar dicho recurso a un solo nivel.

Derivado de lo anterior se determinó evaluar dos propuestas de prototipos basados en los dispositivos antes mencionados, tomado en cuenta las condicionantes del caso de estudio, en un espacio con dimensiones que determinen un estándar de los que presenta el edificio caso de estudio, para evaluar las alternativas de diseño que pudiera tener el Sistema Integral a desarrollar y poder comprobar así cual es la mejor opción para el caso de estudio. Las posibles alternativas de diseño incluyen el tipo de material, los posibles acabados de estos, la forma y las dimensiones.

5.3.1 Variables de diseño

Las variables de diseño por seleccionar fueron el material, las dimensiones y los posibles complementos que estos pudieran tener, como difusores, a continuación se presentan unas tablas con los valores de la reflectancia de los materiales y la absortancia.

FACTORES DE REFLEXION	
Mortero claro	0,35-0,55
Mortero oscuro	0,20-0,30
Concreto claro	0,30-0,50
Concreto oscuro	0,15-0,25
Arenisca clara	0,30-0,40
Arenisca oscura	0,15-0,25
Tabique claro	0,30-0,40
Tabique oscuro	0,15-0,25
Mármol blanco	0,60-0,70
Granito	0,15-0,25
Madera clara	0,30-0,50
Madera oscura	0,10-0,25
Espejo de vidrio plateado	0,80-0,90
Aluminio mate	0,55-0,60
Aluminio anodizado y abrillantado	0,80-0,85
Acero Pulido	0,55-0,65

FUENTE: Instalaciones de iluminación en la arquitectura, Jesús Feijó, Universidad de Valladolid

Tabla 9. Reflexión de los materiales

ABSORTANCIA DE ALGUNAS SUPERFICIES		
Material	**Acabado**	**Índice**
Aluminio	Pulido	0.1
Aluminio	Anonizado	0.14
Bronce	En placas	0.15
Bronce	Pulido	0,3-0,5
Cromo	Mate	0,4-0,65
Cobre	Electroplateado	0.41
Cobre	Muy pulido	0.18
Cobre	Decapado	0.25
Cobre	Decolorado	0.64
Oro		0.21
Platino	Brillante	0.31
Plata	Muy pulido	0.07
Plata	Pulido	0.13
Acero Inoxidable	Pulido	0.33
Acero Inoxidable	Decapado	0.52

Tabla 10. Absortancia de los materiales metálicos

El material que presenta el mayor índice de reflexión es el espejo y el menor de absortancia, es la plata, sin embargo para nuestro estudio el material con las mejores condiciones en ambas propiedades físicas es el aluminio pulido, sin embargo para el caso del experimento de la evaluación para la selección del dispositivo a implementar resulta costeable pero para la implementación en u caso real de un edificio de más de cuatro niveles resultaría altamente costoso; por lo que el material que presenta cualidades en ambos sentidos es el acero inoxidable, el cual tanto para el experimento como para un caso real resulta costeable, por lo que el material seleccionado es el acero inoxidable.

Otra variable a considerar son las dimensiones de los dispositivos en el caso de los luminoductos se consideraron dimensiones del ducto de medidas comerciales de 0.30 (12”), 0.45 (18”) y 0.60 (24”) m, en el caso del cajillo se consideraron dimensiones de cómo mínimo de 0.60m, considerando que es lo mínimo que indica la norma respecto de espacios o ductos de

mantenimiento que es con lo que se le pudiera asimilar, y respecto de las aberturas o vanos de difusión se consideraron medidas de 0.45 y 0.60 m, considerando la parte que son medidas estándar. Por ultimo se considero evaluar en dichos vanos el funcionamiento de un difusor refractor el cual derivado del análisis de los fundamentos físicos y de la aplicación de estos en los dispositivos de alta eficiencia los cuales desvían y dirigen la incidencia hacia un punto en particular, se pretende uniformizar la incidencia de luz natural y dirigirla hacia el lecho bajo de la techumbre para que este funcione como un difusor en cada uno de los espacios.

A continuación se presenta la tabla de variantes que incluye el tipo de dispositivo, como único material al acero inoxidable, las dimensiones las variantes (C/S difusor) y un esquema grafico.

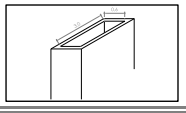
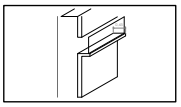
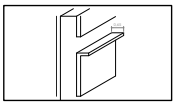
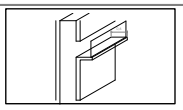
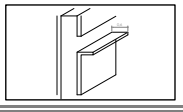
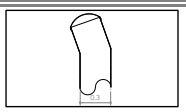
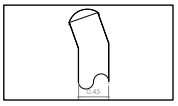
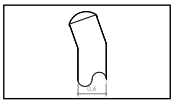
MATRIZ GENERAL VARIABLES DE DISEÑO DEL SIIN					
DISPOSITIVO	MATERIAL	DIMENSIONES	VARIABLES	EXPERIMENTO	ESQUEMA
Dispositivo Lumínico Vertical	Acero Inoxidable Espejo	0,60 x 3,00 m	----------	DLV-6-3	
Dispositivo de Reflexión Horizontal	Acero Inoxidable Espejo	45cm	Difusor Refractivo	DRH-45-R	
			Sin Difusor	DRH-45	
		60cm	Difusor Refractivo	DRH-60-R	
			Sin Difusor	DRH-60	
Dispositivo Ducto Lumínico	Acero Inoxidable Espejo	Ø30cm	----------	DDL-30	
		Ø45cm	----------	DDL-45	
		Ø60cm	----------	DDL-60	

Tabla 11. Variables de diseño experimento elección de dispositivo

5.3. 2 Evaluación de dispositivos

Para la evaluación del funcionamiento de los dispositivos se realizaron los modelos a escala (1:25) de estos, así como de un espacio con las dimensiones promedio de los locales del edificio caso de estudio con dimensiones de 4.0 m por cada lado, para lo cual se fabricaron dos maquetas utilizando los mismos materiales del modelo del caso de estudio, un cubo donde se evaluaría al ducto lumínico (Figura 74) y un prisma rectangular para el cajillo de luz (Figura 75). Cabe aclarar que a estos modelos a escala se protegieron de las aristas con cinta adhesiva color gris para garantizar que no hubiera filtración de incidencia de luz por esas ranuras y los muros se recubrieron de papel oscuro para reforzar el tratamiento de primario anticorrosivo; esto era importante implementar toda vez que antes de evaluar los dispositivos a escala se tendría que comprobar mediante una medición que al interior de lo modelos no se registraban niveles de iluminancia, es decir tendría que estar en total penumbra, con la finalidad de determinar la mayor eficiencia y distribución del recurso lumínico de los dispositivos a evaluar.

Figura 74. Modelo para evaluación de ducto

Figura 75. Modelo para evaluación de cajillo

Dispositivo Ducto Lumínico (DL). Se fabricaron los modelos a escala de los luminoductos correspondientes a las tres medidas de diámetro planteadas para lo cual se utilizó tubo de acero al carbón con diámetros de 1”, 1 1/2” y 2 1/8” correspondientes en escala (1:25) a los diámetros de 12”, 18” y 24”, respectivamente, y una longitud de 0.80 m, equivalente al desarrollo en altura de 3 niveles de un edificio. Un detalle importante en el dispositivo de los luminoductos era el área de captación, la cúpula y el cabezal que contendría a esta. Para el

Figura 76. Cabezal del ducto lumínico a 19°

cabezal se determinó que tuviera una inclinación de 19° respecto al plano horizontal (Figura 76), que es correspondiente a la latitud de la ciudad, con el fin de tener la mayor captación e incidencia solar, esta técnica se aplica en los dispositivos de captación de energía solar en su componente térmica, ya que el área de captación recibe de manera ortogonal la incidencia solar y esta expuesta en esas condiciones en casi todo el periodo anual.

El diseño de la cúpula estuvo determinado por el cálculo de una parábola que garantizara tener la mayor incidencia solar en su superficie ya que funcionaría como una superficie refractante que proyectaría la incidencia al interior del ducto, por lo que se realizó el cálculo resultando una parábola de la sección de una circunferencia de 0.39 m, de radio la cual se evaluó de manera cualitativa respecto de la incidencia en varias horas del día así como el comportamiento de la refracción por el índice de refracción del material de la cúpula (Figura 77).

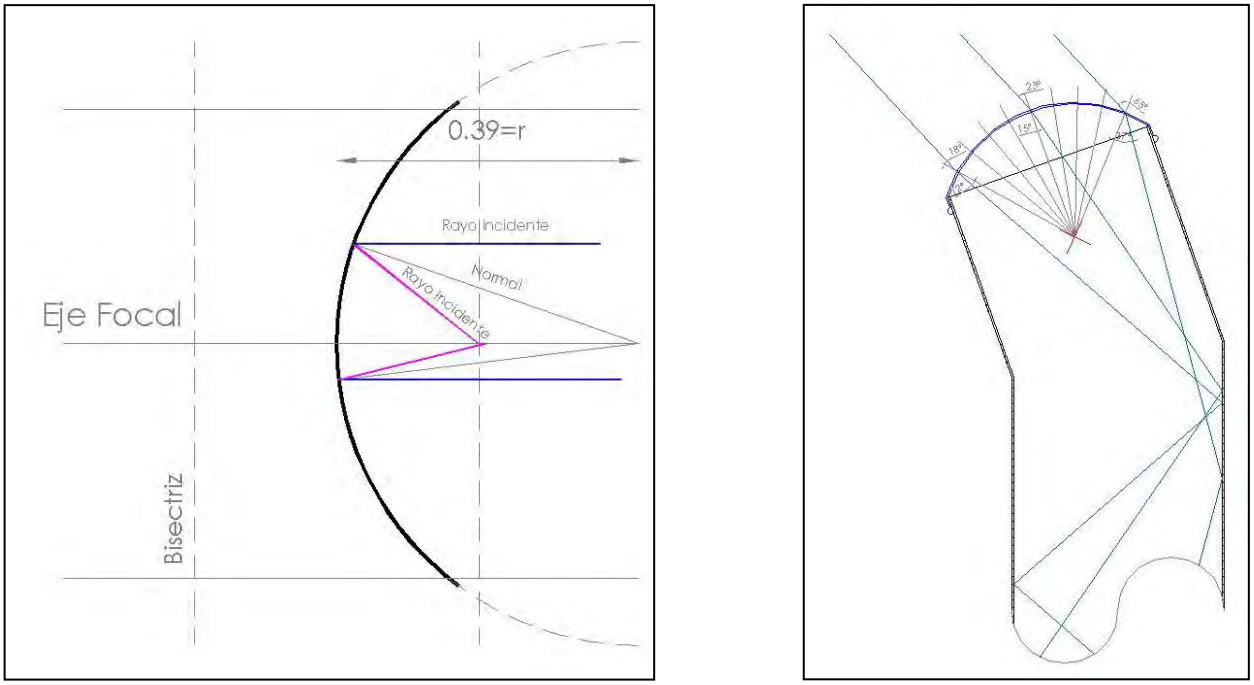
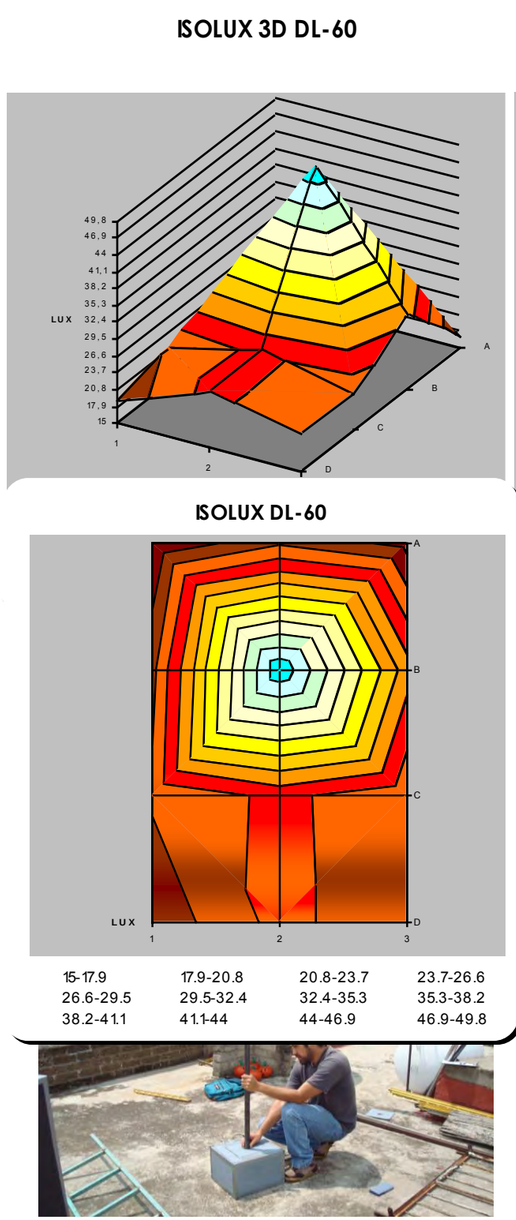
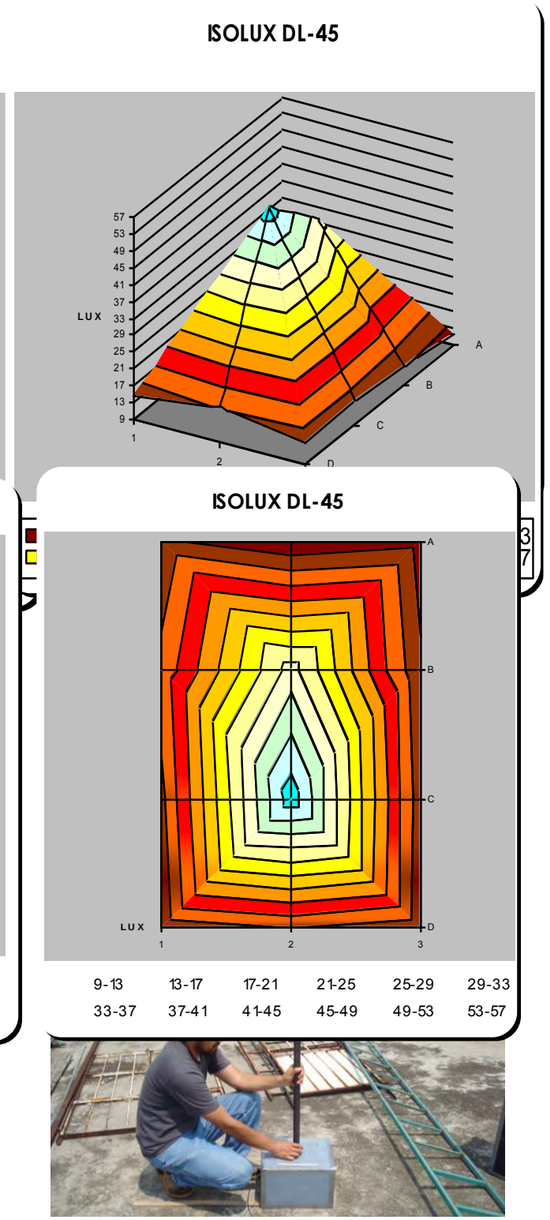
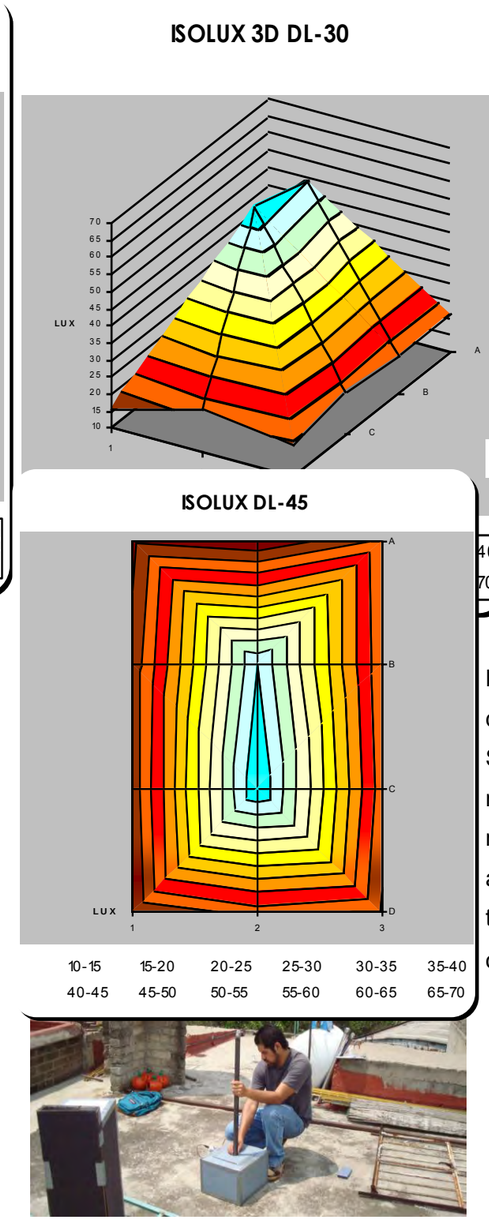


Figura 77. Cálculo de parábola para cúpula e incidencia y refracción







Niveles de Isolux DL-60			
EJES	**1**	**2**	**3**
A	15.25	20.16	17.00
B	20.2	49.2	27.88
C	21.16	24.5	21.30
D	18.78	24.64	21.33

Figura 78. Evaluación luminoducto DL-60

Niveles de Isolux DL-45			
EJES	**1**	**2**	**3**
A	13.78	9.31	11.35
B	18.31	42.9	13.55
C	16.3	55.5	14.78
D	14.4	17.26	14.23

Figura 79. Evaluación luminoducto DL-45

Niveles de Isolux DL-30			
EJES	**1**	**2**	**3**
A	13.66	10.4	20.80
B	16.81	65.3	21.13
C	17.42	69.9	22.75
D	15.4	22.19	19.29

Figura 80. Evaluación luminoducto DL-30

Figura 81. Cúpulas de cristal

Así Las cúpulas para los modelos se fabricaron de vidrio de material reciclado de un laboratorio químico utilizando la parte inferior de tubos de precipitados, cabe mencionar que se considero diferentes medidas de estos tubos ra cada una de las medidas de los modelos a escala, el plementar la cúpula permitió determinar una medición mas real ra las condiciones de análisis (Figura 81).

La evaluación de los luminoductos se realizó en condiciones de cielo despejado, considerando orientar el cabezal de captación hacia el Sur, para obtener la mayor incidencia de luz natural. Para estas mediciones no se propuso una escala cromática si no que los datos reales fueron graficados directamente y representados en 3D para su análisis, cabe mencionar que en términos generales ninguno de los tres luminoductos cumplió con los niveles mínimos de iluminancia obteniendo los datos de niveles de iluminancia siguientes:

LECTURAS MAXIMAS Y MINIMAS EN LUMINODUCTOS		
Dispositivo	**Lectura Máxima (lux)**	**Lectura Minima (lux)**
DL-60	49.2	15.25
DL-45	55.5	9.31
D-30	69.9	13.66

Tabla 12. Lecturas máximas y mínimas luminoductos

un Así también la calidad de la luz no es la adecuada ya que se genera efecto de luz de acento y lo que se requiere es una distribución de la luz de manera mas uniforme. Sin embargo cabe mencionar que el modelo del luminoducto de DL-30 fue el que presentó el mejor comportamiento respecto a la distribución de la iluminación.

Dispositivo de Reflexión Horizontal. El modelo consistió en un modulo con las mismas dimensiones del 4m por lado y cuatro niveles, incluyendo un cajillo de iluminación (tragaluz) que inicia en la techumbre (Figura 82) hasta el lecho bajo de losa de la planta baja atravesando los tres niveles (Figura 83), en cada uno de estos niveles se diseño un vano a una altura de 1/4 de la altura del local esto con la finalidad de instalar un difusor refractante en dos variantes 0.45 y 0.60 m de altura, con y sin un difusor horizontal (repisa) (Figuras 84 y 85), los cuales iban a ser evaluados para determinar su funcionamiento y calidad de iluminación brindada.

Figura 82. Cajillo de captación

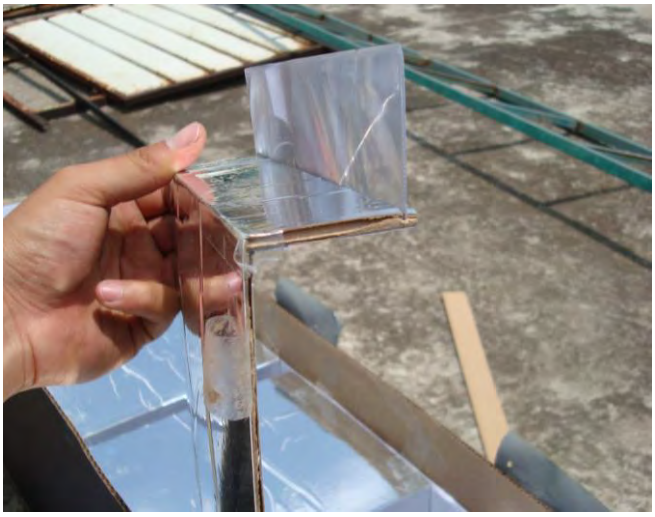


Figura 84. Difusor refractante y horizontal

Figura 83. Desarrollo de cajillo

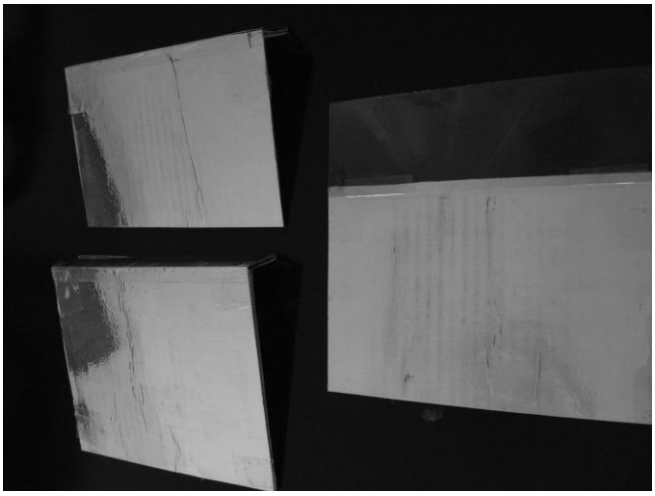
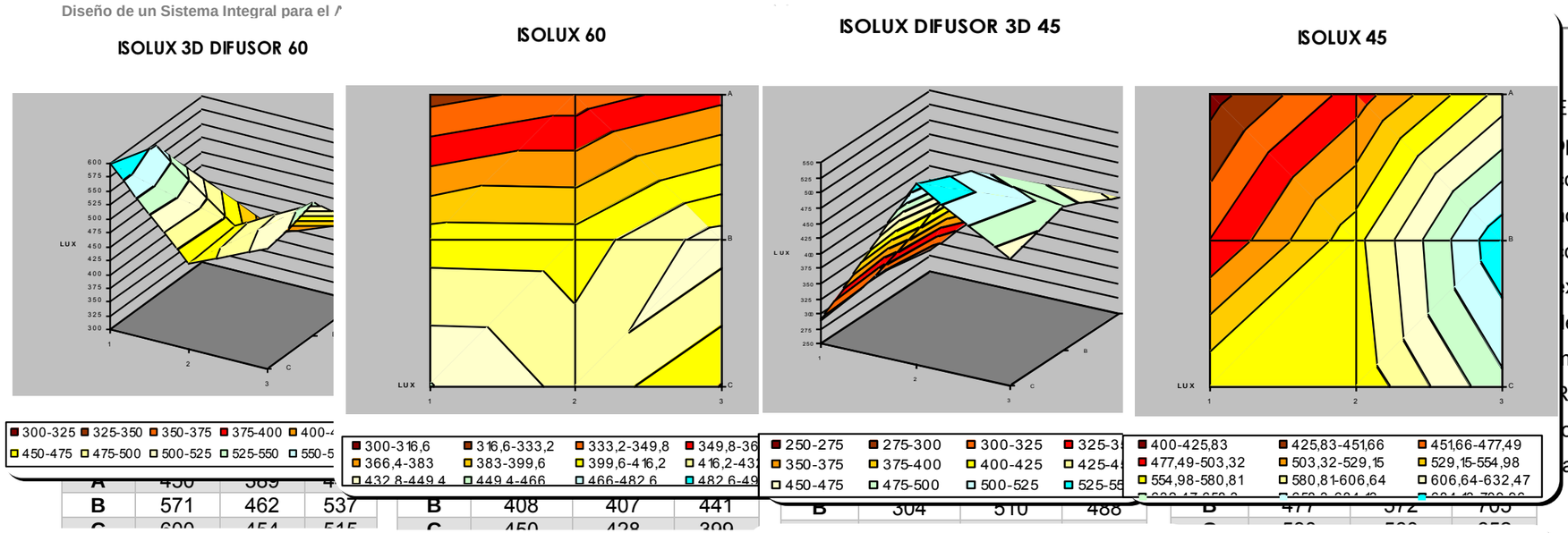


Figura 85. Difusor refractante



A	450	389	4
B	571	462	537
C	600	454	515

B	408	407	441
C	450	428	399

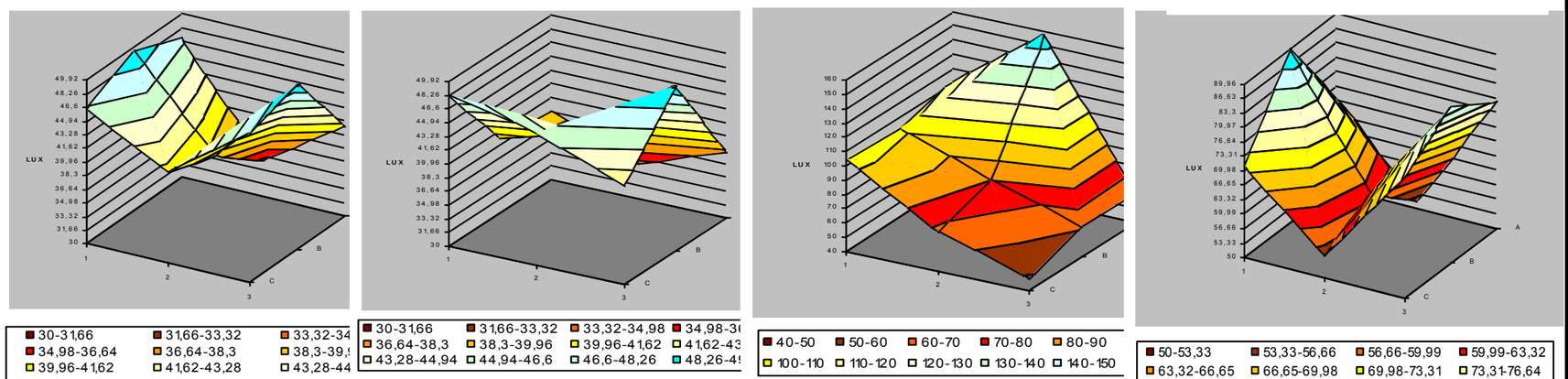
B	304	510	488

B	477	372	705

Figura 87. Gráfica DLH-60 sin difusor

Figura 88. Gráfica DLH-45 con difusor

Figura 89. Gráfica DLH-60 sin difusor



A	47	34.4	41
B	49.6	39	50
C	46.4	41.1	48

EJES	1	2	3
A	38.3	34.2	38
B	39	42	50
C	48.2	46	42

EJES	1	2	3
A	111	157	60
B	102	80	61
C	105	67.2	49

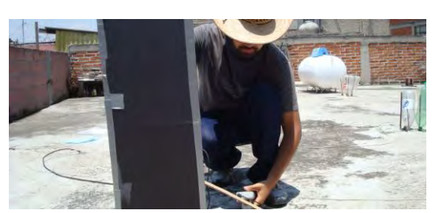
A	70.7	51.3	79
B	92.3	61.3	86
C	71.2	55	78

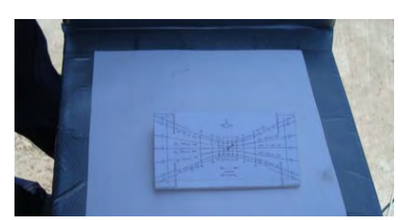
Figura 90. Gráfica DLH-60-R con difusor

Figura 91. Gráfica DLH-60-R sin difusor

Figura 92. Gráfica DLH-45-R con difusor

Figura 93. Gráfica DLH-45-R sin difusor

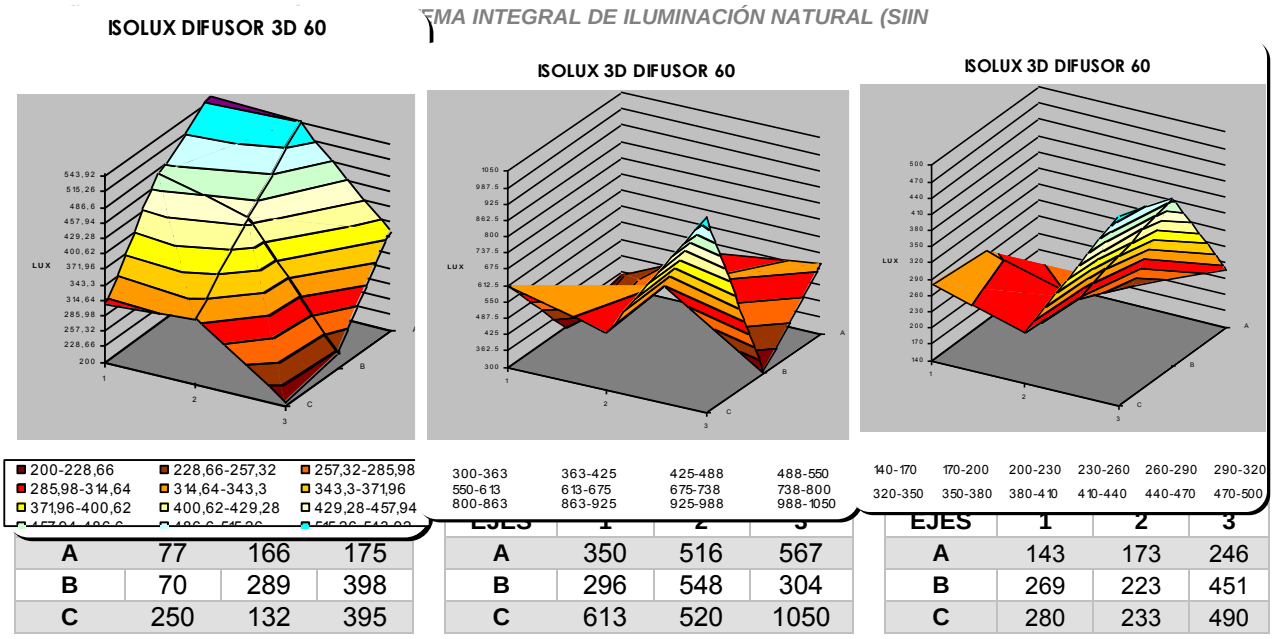




El cajillo se diseño con dimensiones que permitieran optimizar el espacio ya que se trata de un edificio comercial, así mismo se consideró lo que indica la norma respecto a los ductos, en este caso se tomo como caso análogo un ducto de servicio, ya que no existe una norma especifica para el diseño de cajillos de iluminación, por lo que el ancho fue de 0.70m mayor a lo mínimo (0.60m) que permite el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, considerando dar mantenimiento preventivo a las paredes del ducto.

Los difusores refractivos consistieron en pantallas de acrílica (lupas) que presentan un acanalado de diente de sierra concéntrico, se utilizó esperando tener una distribución uniforme de la luz que incidiera. Los resultados obtenidos indicaron que el dispositivo que de la altura del entrepiso y con el difusor de luz, cabe gnomon o reloj solar simulando la incidencia en varios periodos anuales y en diferentes horarios.

Cabe aclarar que al igual que los luminoductos no se especifico una escala cromática para este experimento. Derivado de las pruebas al prototipo con sus variantes de diseño resultó que el cajillo sin difusor horizontal (repisa) y con difusor refractivo fue el que garantizó tener los mayores niveles de iluminancia al interior de los espacios toda vez que en diferentes con la evaluación de este en utilizando el reloj solar gnomon se pudo comprobar eficiencia en las fechas más representativas del año (Figuras 94, 95 y 96).



EJES	1	2	3
A	77	166	175
B	70	289	398
C	250	132	395

EJES	1	2	3
A	350	516	567
B	296	548	304
C	613	520	1050

EJES	1	2	3
A	143	173	246
B	269	223	451
C	280	233	490

Figura 94. Gráficas DL-60 sin difusor en diferentes periodos

5.3.3 Resultados y elección del dispositivo

La evaluación realizada a los dos dispositivos seleccionados determinó que el cajillo de iluminación es la mejor opción complementada con un difusor refractivo que cumple la función de uniformizar la luz natural que incide por el ducto lumínico, ya que los luminoductos proporcionan una incidencia de luz contrastante y no uniformizada la cual no es idónea para las actividades que se desarrollan en un edificio comercial de oficinas; es importante señalar que el cajillo evaluado corresponde aún espacio de proporciones promedio de los locales del edificio caso de estudio por lo cual se tendrá que diseñar el ducto lumínico de manera que sea armónico con los espacios arquitectónicos que se ubican en cada despacho del edificio caso de estudio y tener una adaptabilidad funcional y arquitectónica.

Por otra parte las mediciones realizadas comprobaron que el cajillo tiene un mejor desempeño en varios periodos anuales lo que garantiza tener un constante aprovechamiento de la luz natural durante todo el periodo anual, es importante señalar que los complementos o estrategias de diseño juegan un papel importante en el desarrollo y buen desempeño de cualquier dispositivo, es decir las superficies reflectantes como muros y principalmente la techumbre deben adaptarse y diseñarse para garantizar un confort lumínico adecuado, así como también el uso y complemento de la iluminación eléctrica.

5.4 Diseño y calculo de Sistema Integral

La evaluación de las condiciones lumínicas del edificio concluyó que la iluminación cenital es la mejor estrategia de diseño y opción para poder proporcionar iluminación natural a los espacios con deficiencias lumínicas en la zona sur del edificio; posteriormente del análisis del estado del arte de los dispositivos de alta eficiencia para el aprovechamiento de luz natural, fueron evaluados dos dispositivos para determinar cual sería la de mayor eficiencia, como resultado de esa evaluación se determinó que el ducto lumínico es el dispositivo que mejor desempeño registro respecto al aprovechamiento de luz natural en varios periodos del año satisfaciendo los requerimientos confort lumínico.

En el proceso de diseño de los dos dispositivos y sus alternativas de diseño se determinaron factores que se consideraron hasta el final del diseño, debido al cálculo geométrico y matemático realizado y a su comprobación mediante la experimentación, es decir serán constantes para el diseño del Sistema Integral.

5.4.1 Geometría del dispositivo

El ancho que puede tener el cajillo de iluminación, sin lugar a dudas puede variar según la dimensiones del propio edificio considerando la solución estructural que pueda tener, no obstante es una condición que motivo a esta investigación la concentración de edificios comerciales, que responde a la falta de espacios y a la demanda de los mismos, por lo que proponer un ducto con todas las ventajas para la iluminación utilizando espacio que puede ser rentable y útil no es viable. Asimismo en el análisis de los dispositivos se constató que un ducto con estas características no esta normado, sin embargo la norma local (RCPDF) especifica que para ductos de servicio la dimensión de ancho mínima es de 0.60m, lo que permite el paso de una persona en su interior, en este caso se propuso el mismo ancho para el ducto, que cumple con la norma y con el espacio que se puede utilizar para dicho ducto al interior de los locales del edificio.

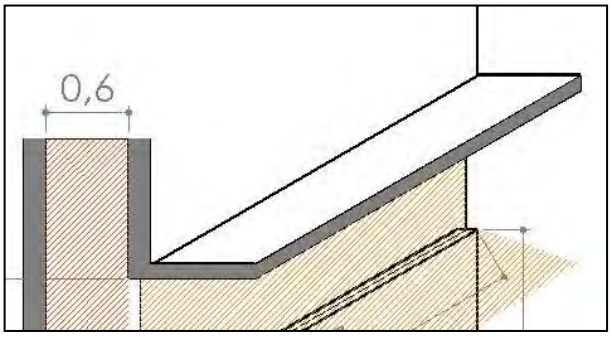


Figura 95. Ancho de ducto

Respecto del área de captación o cabezal del ducto en la fase de la experimentación se determinó que la cúpula es un dispositivo que beneficia en la refracción de la incidencia solar sin embargo esta para efectos de la implementación del sistema considerando una poligonal de 0.60(ancho) x 3.3(largo) metros, técnicamente la fabricación es especial y el costo encarecería el sistema, sin embargo el factor que hace posible la incidencia es la composición del propio material en este caso el cristal y la orientación del cabezal por lo que el detalle de inclinación a la latitud del lugar (Figura 96), como en los dispositivos de alta eficiencia para la componente térmica, resulta aceptable y viable para el diseño y la captación del recurso lumínico haciéndolo eficiente.

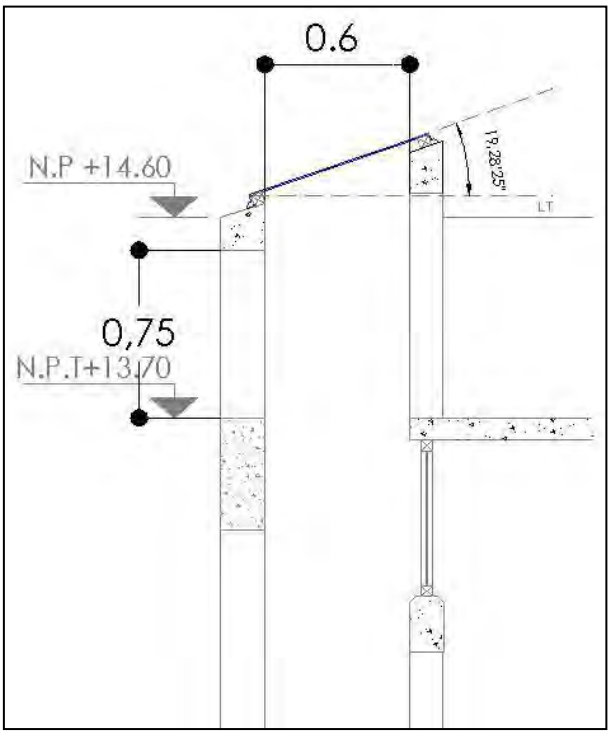


Figura 96. Detalle de cabezal

Otro detalle que se considero fue ampliar el área del vano al interior de los espacios de 0.60 a 0.85m, esto con la finalidad de proporcionar una mayor área de difusión la cual no afecta con la visual en el área de trabajo además que la pantalla del refractor (Figura 97) controla el posible deslumbramiento que pueda haber por las múltiples reflexiones al interior del ducto

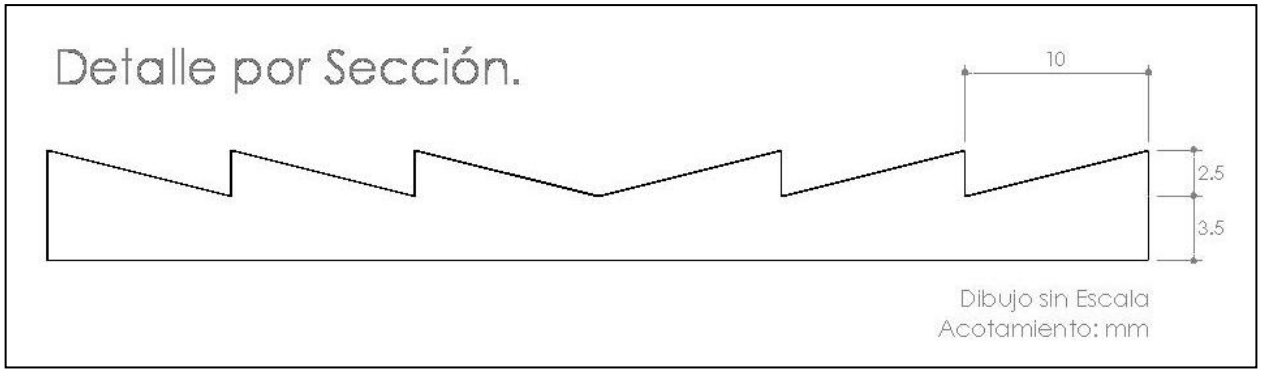


Figura 97. Detalle del difusor óptico en acrílico

Considerando que se cuenta con las dimensiones del dispositivo y los elementos de diseño respecto de la captación y distribución del recurso lumínico se realizó el diseño arquitectónico del edificio para adaptar los espacios al proyecto del Sistema Integral, estableciendo un criterio estructural básico. Estas modificaciones o rediseño se refleja más en la en piso 1 y 2 (Figuras 98 y 99), debido a que son los niveles intermedios del edificio en donde se tubo que hacer la propuesta del espacio y de una fachada interior (Figura 100) ya que es la parte de difusión del recursos lumínico. Cabe aclarar que en el piso 3 no hubo la necesidad de rediseñar debido a que se encontraba desocupado y su estado era de una planta libre, sin embargo respecto del área de difusión esta varia respecto del resto en esta caso se considero una área de difusión menor con 0.65m debido a que por estar cercano a la zona de captación se reduce para o tener deslumbramientos y reducir las ganancias térmicas; respecto a la planta baja no se realizaron cambios en la composición arquitectónica del espacio solo se genera un vano en la superficie de la losa, un especie de tragaluz la cual mediante un difusor convencional propaga la luz incidente.

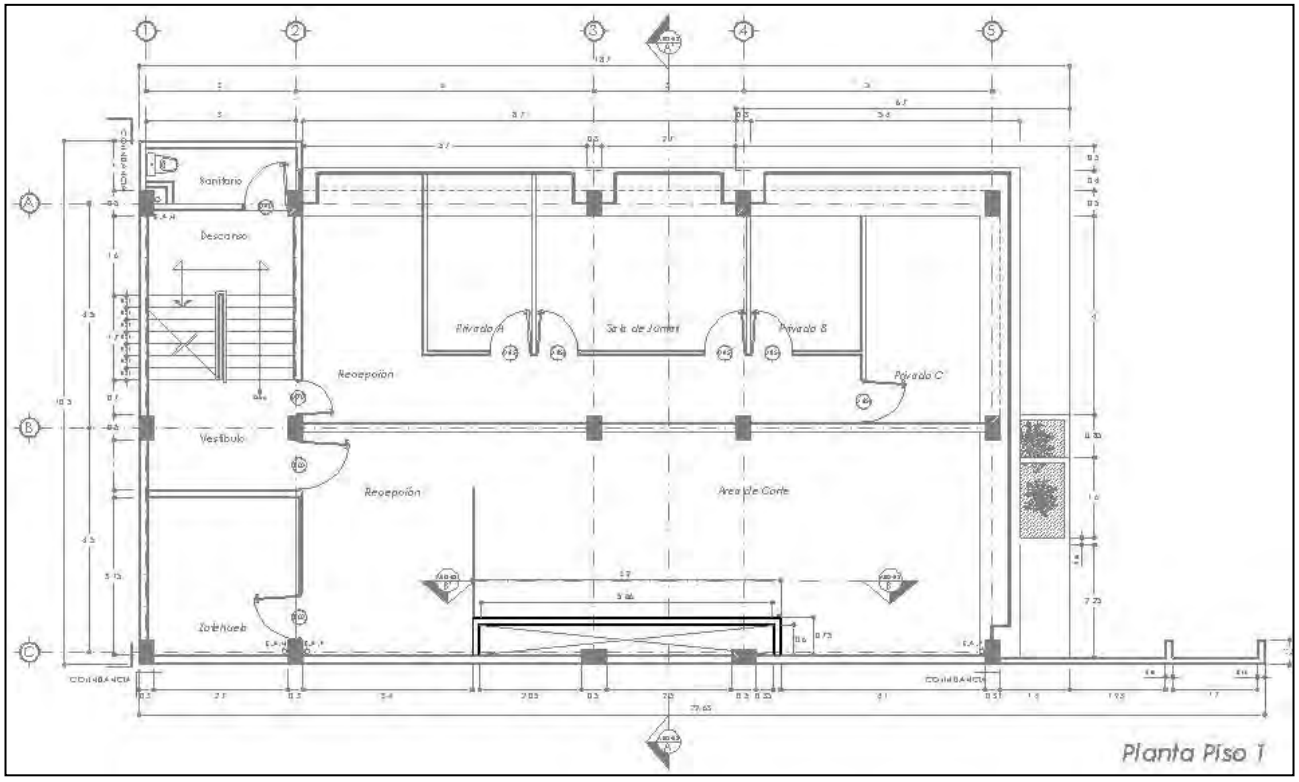


Figura 98. Planta Piso 1 Proyecto Arquitectónico SIIN

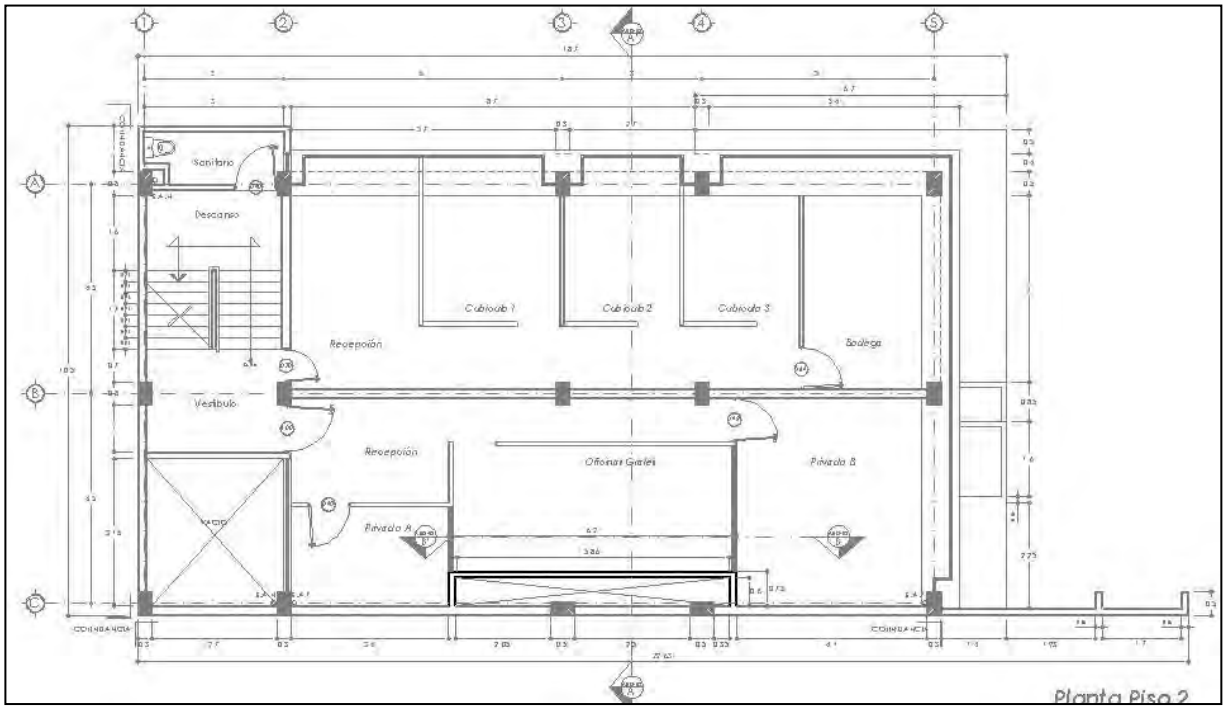


Figura 99. Planta Piso 2 Proyecto Arquitectónico SIIN

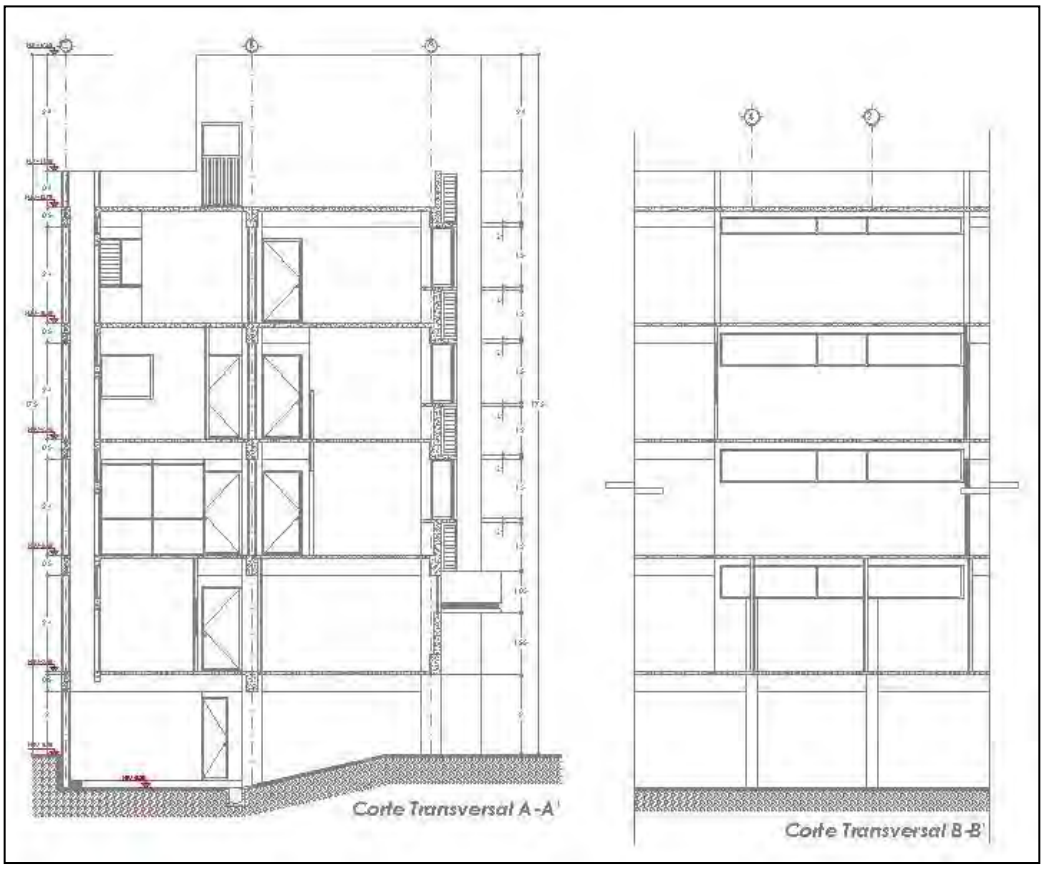


Figura 100. Cortes Arquitectónicos Proyecto Arquitectónico SIIN

5.4.2 Evaluación Cualitativa Ley de múltiples reflexiones

Establecida la geometría de los elementos del Sistema integral y las dimensiones de sus componentes, las cuales se representan mediante el proyecto arquitectónico, se realizó la evaluación cualitativa de la incidencia de solar respecto de la montea solar trazada para el análisis del caso de estudio respecto de la latitud especifica, para realizar un estudio cualitativo del comportamiento de la incidencia solar en el dispositivo tanto en la zona de captación como en la reflexión de esta en el interior del ducto, es importante mencionar que las posibles perdidas de reflexión se darían por la interrupción de esta en las áreas de distribución interna (vanos internos).

El análisis cualitativo se realizó respecto a las fechas mas representativas del año 21 de diciembre (Figura 101) siendo esta la más critica debido a que es donde la trayectoria solar se encuentra su punto más bajo, 21 de marzo y septiembre (Figura 102) y 21 de junio. Como resultado de este análisis se constato que en el periodo de diciembre la incidencia solar garantiza recurso lumínico en los primeros tres pisos de manera constante y en la planta baja en algunos periodos sin embargo en términos generales el dispositivo funciona de manera eficiente, pudiéndose comprobar el correcto desempeño del diseño del cabezal con la inclinación propuesta.

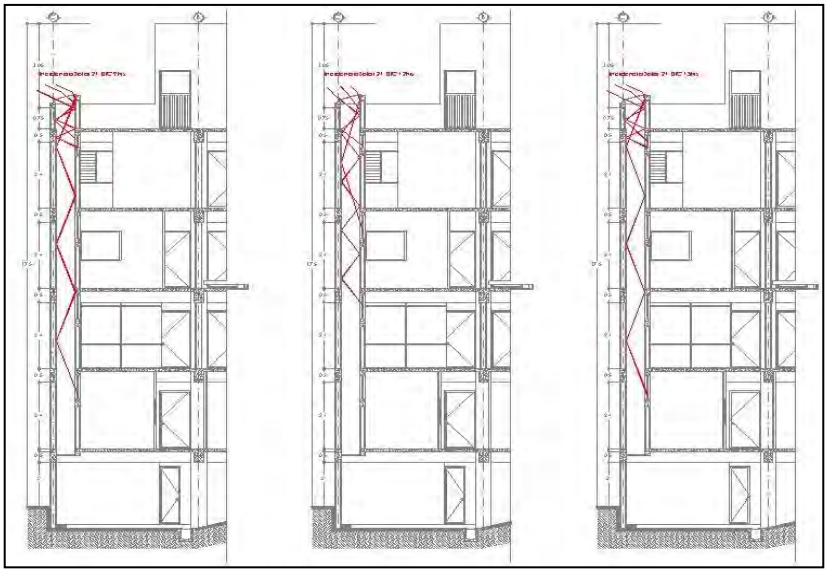


Figura 101. Evaluación cualitativa incidencia solar 21 DIC 9,12 y 15hrs

Respecto de la evaluación realizada al periodo correspondiente a los meses de marzo y septiembre se constató que la incidencia solar tiene un comportamiento más eficaz, esto se debe en gran parte a que la trayectoria solar esta en puntos mas altos y cercanos al cenit, por lo tanto de tiene mayor captación del recurso lumínico y a su vez mayor incidencia solar en el ducto, por factores como el diseño de la cúpula que permite inclusive tener ganancias de recurso lumínico en las primeras horas del día, sin embargo su mayor eficiencia inicia en los periodos de las 8:00 hasta la 17:00hrs en todos los niveles, que a diferencia de la evaluación del mes de diciembre en donde la incidencia se da en pocas horas en la planta baja, en este periodo la incidencia se garantiza en todos los niveles y en la mayor parte de día.

Como conclusión de este análisis se constató que en el periodo de diciembre la incidencia solar garantiza recurso lumínico en los primeros tres pisos de manera constante y en la planta baja en algunos periodos y en el los periodos de marzo y septiembre y junio la incidencia solar se garantiza en todos los niveles, no obstante a eso la evaluación que determinara si es en su totalidad eficiente es la evaluación lumínica del modelo a escala con el dispositivo implementado, sin embargo la evaluación cualitativa demostró el funcionamiento del dispositivo con el calculo y geometría del Sistema.

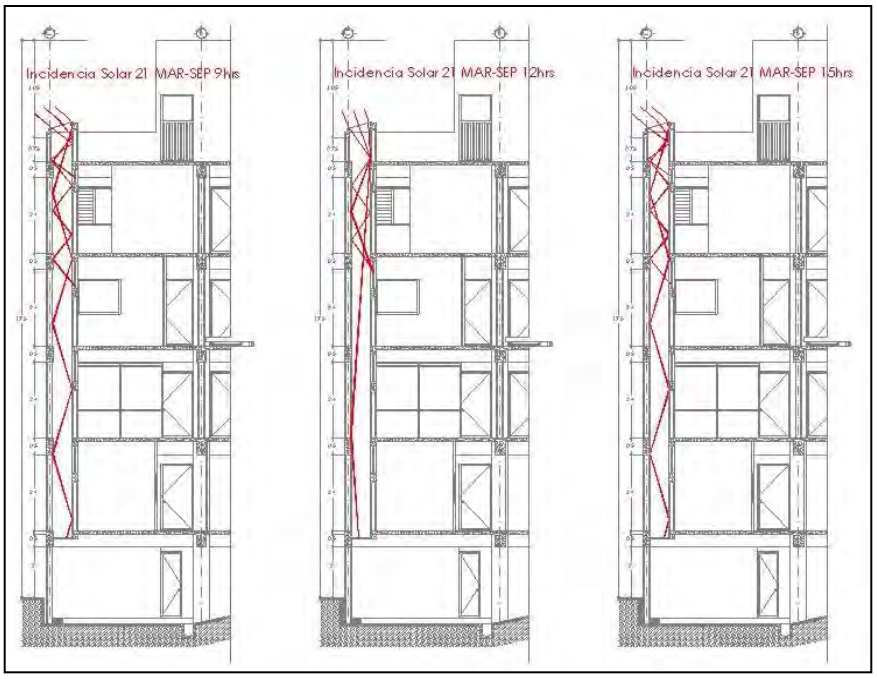


Figura 102. Evaluación cualitativa incidencia solar 21 MAR Y SEP 9,12 y 15hrs

5.5 Implementación del Sistema integral al modelo a escala.

Determinado el calculo de los elementos que integran el sistema de iluminación planteado y con la evaluación cualitativa de la incidencia solar en los periodos más representativos, para la fase de experimentación y comprobación del correcto desempeño del sistema se elaboró el sistema a escala (1:25), para poder ser implementado en el modelo a escala del caso de estudio, para lo cual se utilizó lamina de acero inoxidable especificación TA-430 acabado espejo y las micas de acrílico para los difusores refractivos, el sistema constructivo de la maqueta permitió poder hacer esta adecuación realizando los cortes necesarios tanto en losas como en os muros que se rediseñaron para la adaptación, cabe mencionar que lo cambios sufridos en la composición arquitectónica no fueron significativos ya que solo se redujeron las dimensiones de algunos muros en el sentido transversal conformando espacios uniformes en formas sin a ver espacios muertos o nichos que provocaran desperdicio o generaran espacios inútiles.

De igual manera que la construcción de la maqueta la colocación del sistema puede ser reversible, ya que se introduce por la parte superior, diseñando un sistema de acanalado que permitió la hemerticidad respecto de ganancias de incidencia solar por las ranuras de esta y rigidez para poder maniobrar la maqueta en la evaluación.

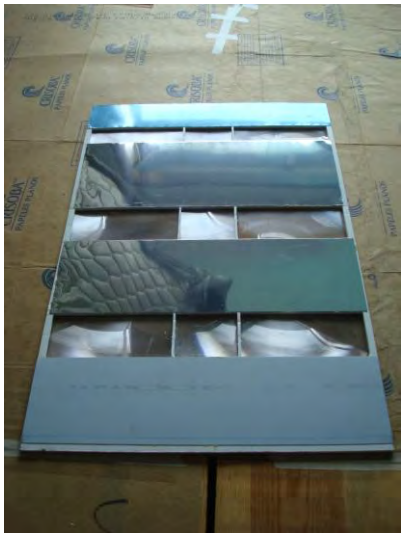


Figura 103. Implementación del Sistema Integral en el modelo a escala

5.5.1 Evaluación de dispositivo condiciones reales

La evaluación del Sistema Integral en el modelo a escala se realizó en las mismas condiciones que el caso de estudio y para la calibración del caso de estudio en una distribución de puntos con la misma separación de 0.70 m (Esc 1:25), la condición de cielo despejado, el día de la medición fue el 3 de septiembre de 2008 (Figura 104), realizando mediciones al exterior y al interior (Figura 105) en cada uno de los locales.

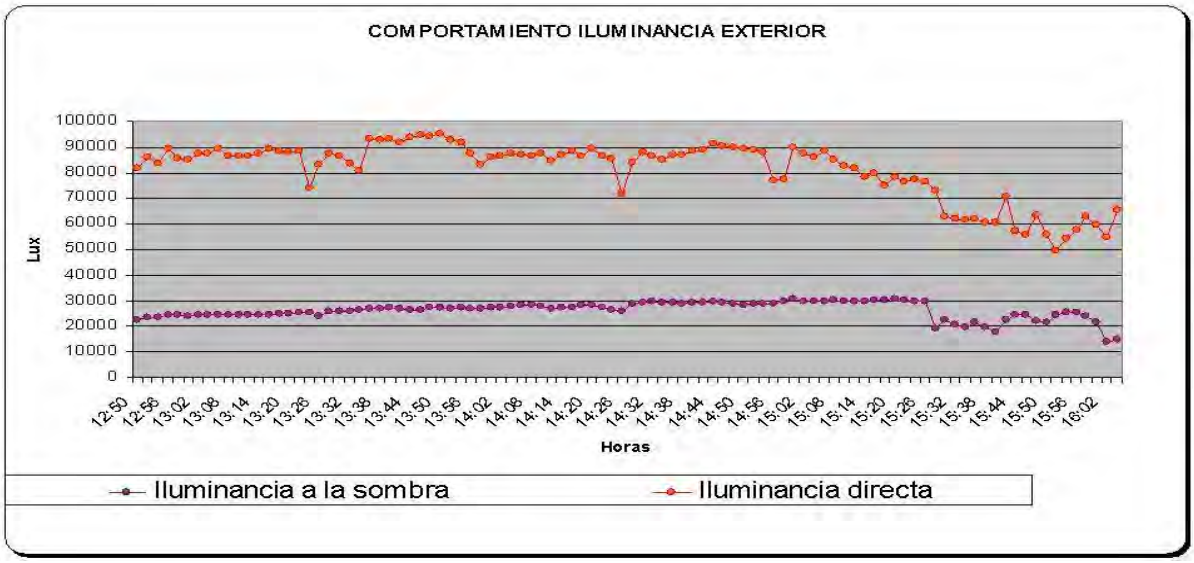


Figura 104. Comportamiento de iluminancia exterior 3 de septiembre 2008

En esta ocasión las mediciones que se realizarían serían respecto de los niveles de iluminancia representados de igual manera con gráficas de isoluxes los cuales se compararían con los obtenidos en la evaluación del caso de estudio así como el factor día de estos para determinar el correcto desempeño del modelo a escala y establecer una comparativa entre el porcentaje de iluminancia exterior que incide al interior de los espacios, cabe aclarar que los valores obtenidos en las mediciones se multiplicaron por el factor del (0.7) para considerar la transmitancia de los cristales filtrasol que presenta el edificio.

Para poder llevar a cabo la medición se requirió de una pelota de plástico la cual tendría la función de una rotula que permitiera maniobrar la maqueta (Figura 106) ya que se instaló un gnomon en la techumbre de la maqueta para poder realizar mediciones en varios periodos del año (Figura 107). Las mediciones se realizaron en intervalos de 2 minutos de manera

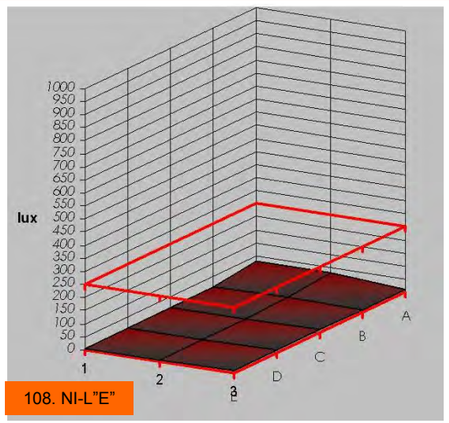
simultanea al exterior y al interior para así poder obtener el calculo de factor día, gráficarlo y compararlo con el caso real. A continuación se presenta la comparativa del factor día entre el caso de estudio y la evaluación del Sistema Integral, cabe mencionar que se presentan la gráficas correspondientes a la zona donde fue instalado el sistema.

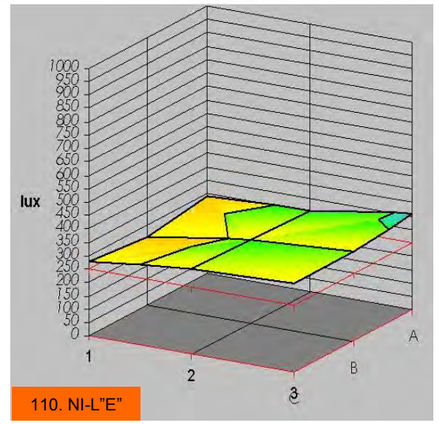
Figura 105. Mediciones del Sistema integral en modelo a escala

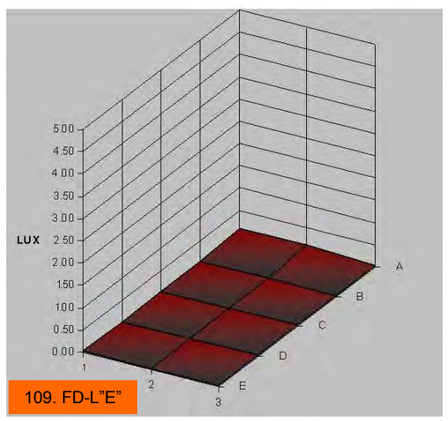
Figura 106. Movilidad de la maqueta para la medición

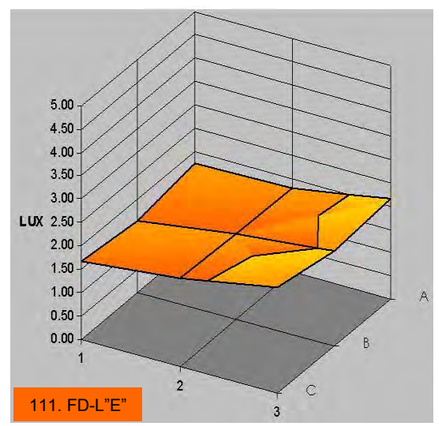
Figura 107. Medición del Sistema integral en la retícula propuesta

Comparativa de gráficas de niveles de iluminancia y cálculo de Factor Día PB/E
Figuras 108-111. Niveles de Iluminancia local E PB y Factor Día



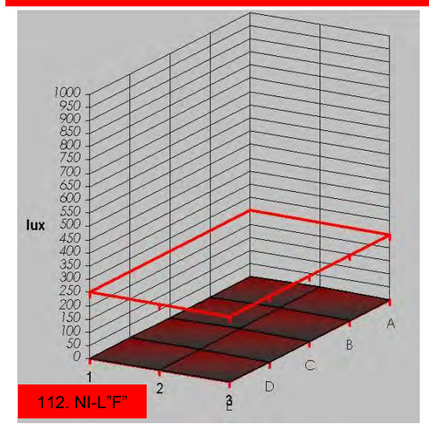


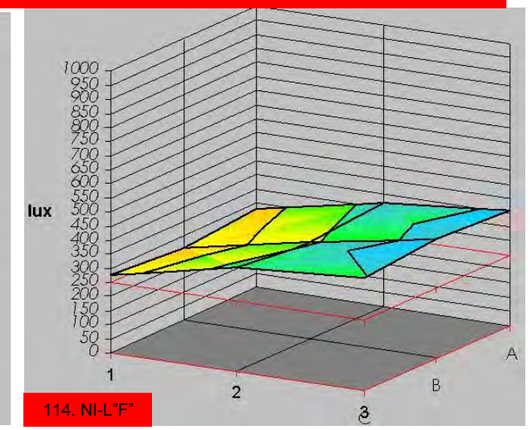


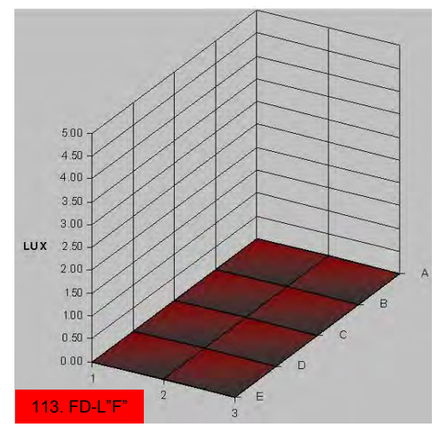


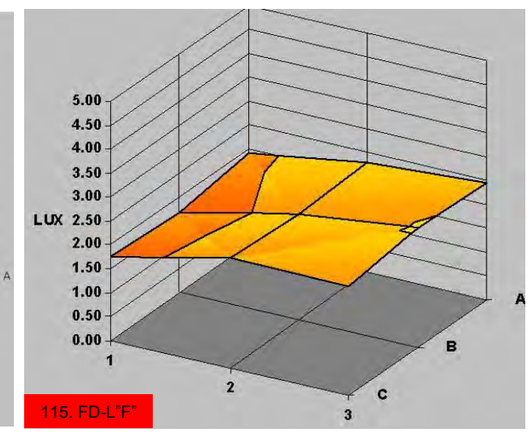
Caso real **Modelo a escala 21 DIC 12hrs**

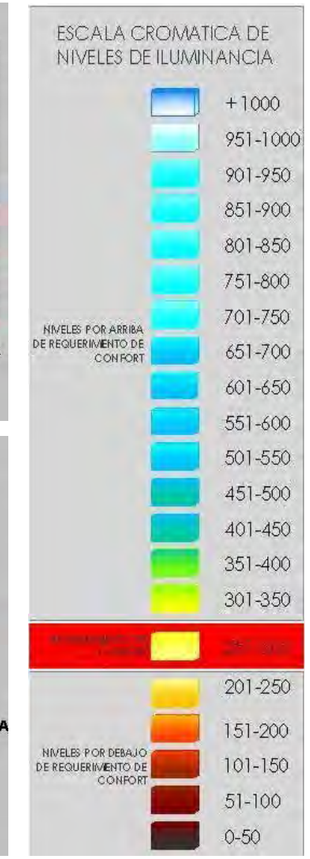
Comparativa de gráficas de niveles de iluminancia y cálculo de Factor Día PB/F
Figuras 112-115. Niveles de Iluminancia local F PB y Factor Día







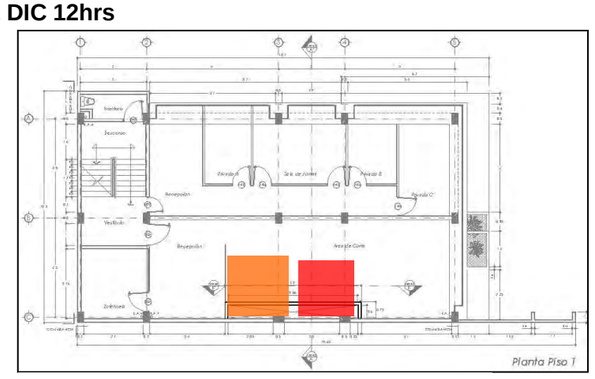




Caso real **Modelo a escala 21 DIC 12hrs**

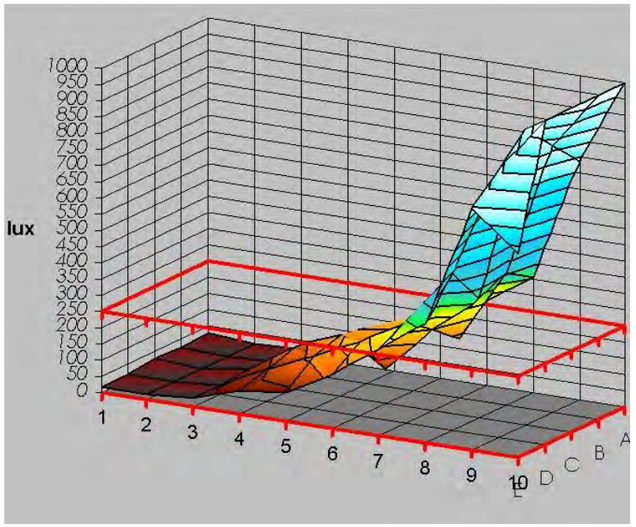
5.6 Resultados y comparativa

La comparativa que se presenta es respecto de los niveles de iluminancia obtenidos en la evaluación del Sistema Integral en el modelo a escala simulando la incidencia solar el 21 de diciembre a las 12hrs, contra los datos obtenidos en la evaluación del caso de estudio, de los locales que presentan mayores deficiencias lumínicas, el privado E y F (ver plano de referencia), donde hay un incremento significativo en los niveles de iluminancia así como en el porcentaje de incidencia respecto de la iluminancia exterior, el factor día, que demuestra el aumento del porcentaje de incidencia al interior de los locales, no obstante estos datos cabe mencionar que la iluminancia exterior el día de la evaluación del Sistema Integral es un poco más alta que cuando se realizó la evaluación del caso de estudio, sin embargo el comportamiento lumínico mejora considerablemente.

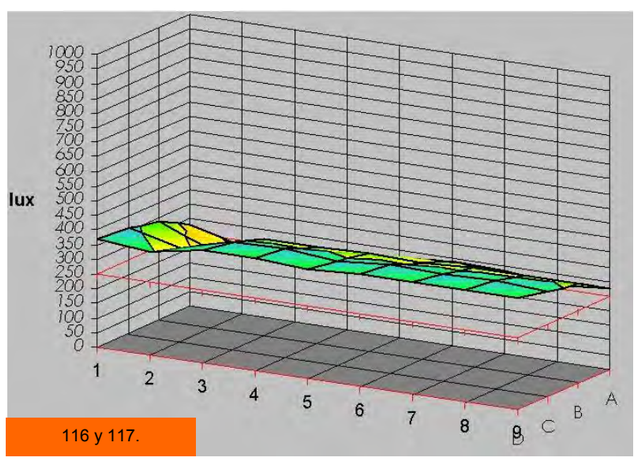


Planta de referencia

Comparativa de niveles de iluminancia P1/Área de corte

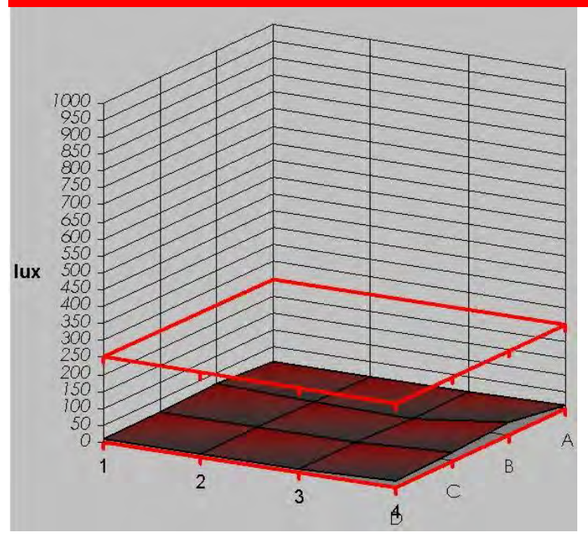


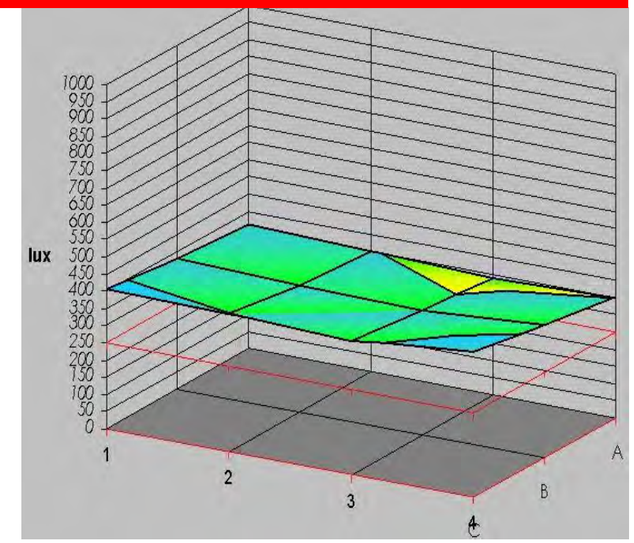
Caso real

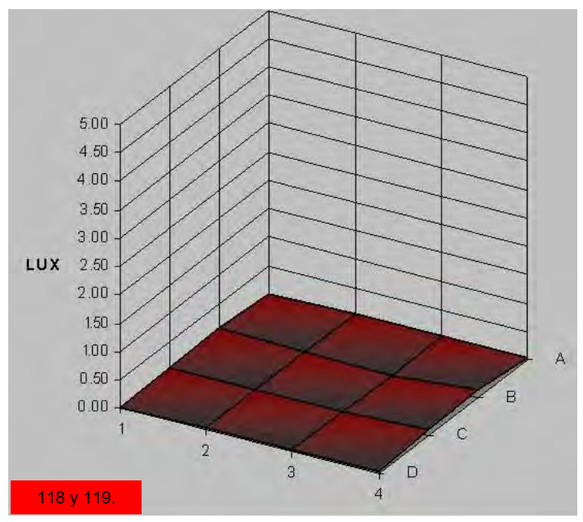


Modelo a escala 21 JUN 9hrs

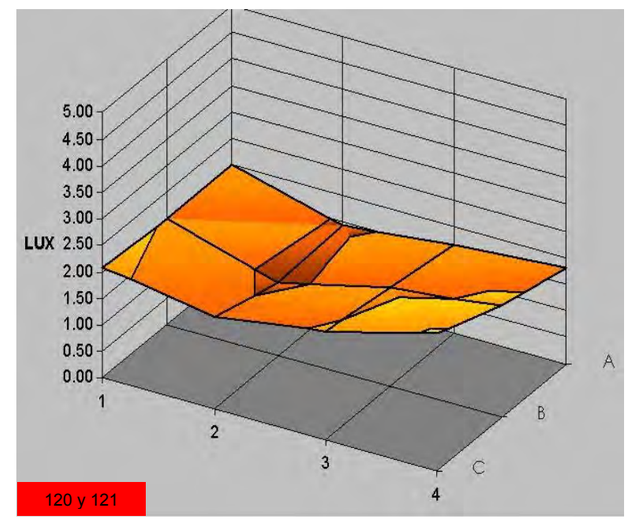
Comparativa de gráficas de niveles de iluminancia y cálculo de Factor Día P2/Oficinas Generales



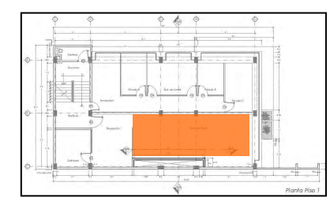




Caso real



Modelo a escala 21 MAR-SEP 15hrs



Planta Piso 1

Planta Piso 2

La comparativa que se presenta es respecto de los niveles de iluminancia obtenidos en la evaluación del Sistema Integral en el modelo a escala simulando la incidencia solar el 21 de junio a las 9hrs y del 21 de marzo y septiembre a las 15hrs, contra los datos obtenidos en la evaluación del caso de estudio, de los locales que presentan mayores deficiencias lumínicas, el Área de Corte en el piso 1 y las oficinas Generales en el piso 2, (ver plano de referencia) demuestran un buen desempeño del Sistema, debido a que os niveles de iluminancia y los índices de factor día se incrementaron satisfaciendo las demandas y requerimientos lumínicos de los espacios.

Cabe aclarar que el Sistema Integral esta diseñado para que funcione en las mejores condiciones con de cielo despejado, es decir que la iluminancia exterior debe ser alta, las condición de cielo seminublado o nublado no garantizan el correcto desempeño del Sistema debido a que la componente lumínica de la energía solar debe incidir directamente en la superficie reflectante del Sistema, es decir en la lamina de acero inoxidable para que debido a las interreflexiones se puede distribuir el recurso lumínico a los diferentes espacios.

De las evaluaciones realizadas tanto al caso de estudio en sus condiciones reales y actuales así como al modelo a escala con la implementación del Sistema, se pueden desprender varios análisis como el de las gráficas que finalmente denotan al comportamiento de la iluminancia obtenida respecto de una escala cromática, así también existe una comparativa de las tablas de correspondientes a los puntos de medición, con los cuales se generaron las gráficas presentadas.

Comparativa de niveles de iluminancia entre caso de estudio y modelo a escala

Niveles de isolux Local E Planta Baja			
EJES	**1**	**2**	**3**
A	27.4	29.1	10.7
B	9.3	14.7	9.3
C	5.4	7.9	10.5
D	4.5	5.8	10.2
E	3.9	6.2	9.4

Niveles de isolux Local E Planta Baja Modelo a escala SIIN			
EJES	**1**	**2**	**3**
A	292	304	360
B	256	312	336
C	280	320	329.6

Tabla 13. Comparativa de niveles de iluminancia en local E Planta Baja

La implementación del Sistema Integral mejoro por mucho los niveles de iluminancia en los espacios con deficiencias (Figura 122), cabe aclarar que la diferencia de puntos de medición se debe a que la evaluación del caso de estudio no contemplaba el espacio que se reduciría con motivo de la implementación del Sistema Integral, sin embargo es claro el incremento sobre todo en los ejes más próximos al muro de colindancia donde se puede apreciar la incidencia del recurso lumínico (Figura 123), la calidad de luz también es satisfactoria ya que no se provocan deslumbramientos que generen contrastes que no permitan la uniformidad de la distribución de recurso lumínico.

Figura 122. Local E caso de estudio

Figura 123. Local E modelo a escala Sistema Integral

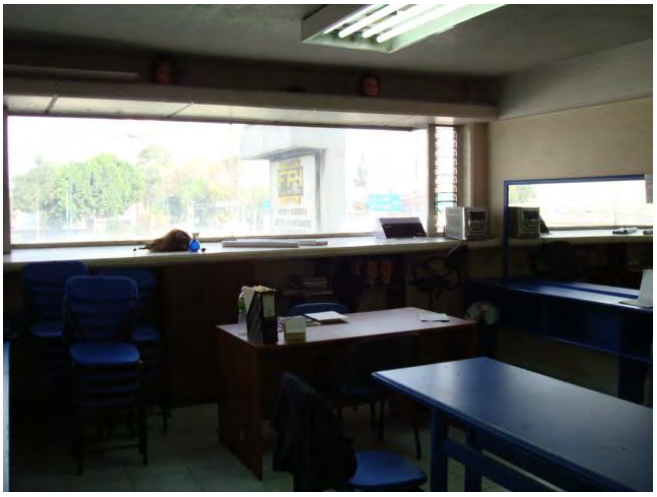


Figura 124. Área de corte Piso 1

En el caso del Piso 1 donde se ubica el local más grande de todo el edificio, un área de corte de una escuela de belleza, en la evaluación del caso de estudio derivado de la gráficación de la iluminancia se observó que se presenta un contraste entre el área central y la orientada y próxima a los vanos de la fachada Este, debido a que los acabados en los muros presentan materiales con un bajo índice de reflectancia y no contribuyen a la distribución de la iluminación (Figura 124), que se puede observar en la gráfica de la figura 117, donde el área mas cercana a la ventana presenta nivel por encima de los requerimientos y hacia el fondo del local se presenta una zona de penumbra, sin embargo en las mediciones de la evaluación del Sistema Integral se presentan niveles también por encima de los mínimos requeridos ya que en este local se hace una propuesta en los acabados de los muros, aplicando color blanco en toda la superficie de los muros ya que por tratarse de un área de mayores dimensiones se necesitaba tener control sobre la distribución del recurso lumínico, verificando que se obtuvieron resultado óptimos.

Los resultados obtenidos comprobaron que el Sistema tiene un buen desempeño y en diferentes periodos del año, es importante destacar que la distribución del recurso a través del ducto no es constante en todos los niveles es decir que definitivamente el nivel superior presenta los mejores beneficios de este Sistema, ya que prácticamente no tiene perdidas, que en si no hay perdidas del recurso lumínico si no que se distribuye según las reflexiones a los diferentes niveles en la incidencia solar, de ahí la estrategia de reducir el área de distribución en el nivel superior para evitar deslumbramientos, y que no es motivo de esta investigación pero también preveer las posibles ganancias térmicas que pudiera a ver debido a que son espacios cerrados, por lo que conforme va descendiendo la distribución del ducto en los niveles inferiores estos van recibiendo menor distribución de luz.

No obstante a esto los locales a los que se pretendió proporcionar del recurso lumínico son oficinas que requieren de niveles de iluminación estandares (250 luxes), ninguno de los despachos ahí ubicados requiere de niveles de iluminación superiores para el desempeño de tareas, como pudiera tratarse de un área de dibujo por ejemplo, definitivamente las dimensiones del ducto pudieron a ver influido, así como el cambio de tonos o colores en algunos acabados de ciertos locales, Piso 1 Área de corte, que finalmente como parte de un Sistema Integral es implementar todos los recursos a manera que no solo los dispositivos especiales se encarguen de proveer todo el recurso sustentable, sino de que los mismos elementos arquitectónicos como muros y techumbres de los espacios jueguen un papel importante en el aprovechamiento de los recursos disponibles, e inclusive la iluminación con energía eléctrica debe formar parte de un Sistema ya que como en este caso las condiciones para su correcta operación son de cielo despejado y las necesidades de iluminación deben ser cubiertas para el desarrollo de las actividades.

De esta manera se concluye de la evaluación que la distribución del recurso lumínico mediante un Sistema Integral que se compone principalmente de un ducto lumínico y de la pantalla de distribución que refracta la incidencia lumínica para ser distribuida a los espacios arquitectónicos, es satisfactoria y se puede implementar en edificios de más de cuatro niveles.

5.7 Costo-Beneficio y viabilidad del dispositivo para utilidad en edificios similares

El costo beneficio de implementar un Sistema Integral esta directamente ligado con la construcción del mismo, debido a que se trata de un dispositivo que responderá a las propias necesidades de iluminación y de espacio de un edificio, por lo que se debe planear desde la conceptualización del mismo en la fase de diseño para encontrar las soluciones arquitectónicas y estructurales que se adapten y cumplan con el objetivo de proveer de recurso lumínico en apego a la norma de construcción. Invariablemente el costo de los materiales y el comportamiento en el mercado influyen en el costo total.

La selección de los materiales se dará por el análisis previo de las propiedades físicas de estos que de manera técnica deben ser compatibles con el sistema constructivo del edificio o inmueble. El establecer una metodología que incluya todas las variables de diseño a la solución conceptual y técnica con el mejor costo beneficio para reducir y en su caso abatir el consumo energético por iluminación eléctrica.

El costo que tiene en la actualidad construir un edificio de oficinas es de $7,500.00 m^2 el incremento que se daría a este precio por incluir un dispositivo con estas características es de $250.00 por lo que el porcentaje de incremento representa un 3.22%, dado que el caso de estudio tiene una superficie construida de 838.25 m^2 el costo total de la obra es de $6,496,437.50 sin incluir el dispositivo, y el costo del dispositivo seria de $209,562.50.

Lo que resulta viable toda vez que como gasto inicial no representa un incremento significativo en la construcción de un dispositivo que reduciría el consumo energético y a su vez proporcionaría iluminación de calidad y en cantidad.

5.7.1 Reducción en consumo energético

En particular el gasto energético del edificio caso de estudio se calculo con el levantamiento de la instalación eléctrica y el análisis de la iluminancia eléctrica donde se identificaron las luminarias instaladas y obtuvieron los datos correspondientes a: dimensiones, tipo de lámpara y potencia; con el objeto de calcular el consumo energético por concepto de iluminación eléctrica,

complementando el análisis con el tiempo de utilidad y operación de las lámparas que es de 8 horas diarias por local, cabe aclarar que se refiere a los locales con deficiencias lumínicas.

Del estudio de iluminación eléctrica se constató que las lámparas utilizadas en la totalidad del edificio son fluorescentes con una potencia de 39 watts y un uso diario de 10 horas en los locales con deficiencias orientados al Sur por lo que el gasto energético en total de la planta baja, pisos 1 y 2 es de 8,970w por día, 2,152.8 kw por año y considerando que el costo de kw es de $1.52 resulta un costo de $3,272.25.

Considerando el dato anterior si se hace una proyección de una vida útil de 30 años el costo por consumo energético es de $98,167.50 congelando el costo de la tarifa de kw sin considerar el incremento económico, por otra parte el costo de construcción es de $209,562.50 se estaría amortizando un 46.84% de la inversión y se reduciría por completo el uso de iluminación eléctrica en esos locales, sin embargo las emisiones de CO_2 disminuirían y se preservaría el medio ambiente.

5.7.2 Calidad ambiental

Respecto de la calidad del recurso lumínico se constató que el proveer de luz natural a un espacio trae consigo muchos beneficios entre ellos iluminación más estable con un confort psicológico que garantiza mayor productividad en el aspecto laboral así como la reducción de gases efecto invernadero a la atmosfera, lo que conlleva a preservar el medio ambiente y los recursos disponibles en la región los cuales pueden ser aprovechados para la utilidad de las funciones y tareas de las actividades humanas.

Conclusiones

Respecto a la producción de energía eléctrica se comprobó que está directamente asociado con el consumo de combustibles fósiles, lo que provoca un deterioro al medio ambiente debido a las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Siendo que el mayor consumo de energía eléctrica en el mundo se presenta en el contexto edificado, que representa el 30% de la producción de energía eléctrica en el mundo.

Por tal razón, el contexto edificado presenta un área de oportunidad para implementar alternativas y sistemas de alta eficiencia para el aprovechamiento de energías renovables en edificios y para el caso especifico de la ciudad de México en el rubro comercial de oficinas debido a que el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación es excesivo.

La investigación se realizó para el diseño de un Sistema Integral de Iluminación de alta eficiencia para la captación y distribución de la luz natural a espacios con deficiencias lumínicas los cuales tiene sus propias limitantes por la distribución arquitectónica y las condiciones del contexto circundante, donde por la colindancia con otros predios no fue posible en dos de sus orientaciones diseñar vanos para la captación de luz natural, por lo que derivado de un diagnostico de la iluminación natural y eléctrica se determinó como estrategia general de diseño para el diseño la iluminación cenital.

El diseño e implementación del sistema aumentó de manera cuantitativa y cualitativa los niveles de iluminación medidos en lux. Las pruebas realizadas comprobaron un incremento de eficiencia lumínica aproximada de un 35% en el piso intermedio, un 40% en el piso superior y del 100% en el piso inferior, este ultimo presenta ese porcentaje debido a que en el diagnostico del edificio las mediciones indicaron niveles de iluminancia muy por debajo de los requerimientos mínimos por lo que se consideró nula la incidencia de luz natural en la evaluación.

De las evaluaciones realizadas tanto al caso de estudio en sus condiciones reales y actuales así como al modelo a escala con la implementación del Sistema, se pueden desprender varios análisis como el de las graficas que finalmente denotan al comportamiento de la iluminancia obtenida respecto de una escala cromática, así también existe una comparativa de las tablas de

correspondientes a los puntos de medición, con los cuales se generaron las graficas presentadas

La implementación del Sistema Integral mejoro por mucho los niveles de iluminancia en los espacios con deficiencias sobre todo en las áreas más próximas al dispositivo donde se puede apreciar la incidencia del recurso lumínico, la calidad de luz también es satisfactoria ya que no se provocan deslumbramientos que generen contrastes que no permitan la uniformidad de la distribución de recurso lumínico.

Los resultados obtenidos comprobaron que el Sistema tiene un buen desempeño y en diferentes periodos del año, es importante destacar que la distribución del recurso a través del ducto no es constante en todos los niveles es decir que definitivamente el nivel superior presenta los mejores beneficios de este Sistema, ya que prácticamente no tiene perdidas, debido a que se distribuye el recurso lumínico según las reflexiones a los diferentes niveles del edificio, de ahí la estrategia de reducir el área de distribución en el nivel superior para evitar contrastes y conforme va descendiendo la distribución del ducto en los niveles inferiores estos van recibiendo menor distribución de luz. Así también no es motivo de esta investigación pero prever las posibles ganancias térmicas que pudiera a ver debido a que son espacios cerrados.

No obstante a esto los locales a los que se pretendió proporcionar del recurso lumínico son oficinas que requieren de niveles de iluminación estandares (250 luxes), ninguno de los despachos ahí ubicados requiere de niveles de iluminación superiores para el desempeño de tareas, como pudiera tratarse de un área de dibujo por ejemplo, definitivamente las dimensiones del ducto pudieron a ver influido, así como el cambio de tonos o colores en algunos acabados de ciertos locales, que finalmente como parte de un Sistema Integral es implementar todos los recursos a manera que no solo los dispositivos especiales se encarguen de proveer todo el recurso sustentable, sino de que los mismos elementos arquitectónicos como muros y techumbres de los espacios jueguen un papel importante en el aprovechamiento de los recursos disponibles, e inclusive la iluminación con energía eléctrica debe formar parte de un Sistema ya que como en este caso las condiciones para su correcta operación son de cielo despejado y las necesidades de iluminación deben ser cubiertas para el desarrollo de las actividades.

De esta manera se concluye de la evaluación que la distribución del recurso lumínico mediante un Sistema Integral que se compone principalmente de un ducto lumínico y de la pantalla de distribución que refracta la incidencia lumínica para ser distribuida a los espacios arquitectónicos, es satisfactoria y se puede implementar en edificios de más de cuatro niveles.

El incremento de los niveles de iluminancia no solo se reflejo en la cantidad de luz, si no también en la calidad de la misma ya que las pantallas que funciona como refractores beneficiaron en uniformizar la distribución del recurso lumínico y así evitar contrastes y posibles deslumbramientos a los usuarios, sin embargo no existen deslumbramientos ya que se previó que la altura de los vanos de distribución estuvieran a una altura por encima del área efectiva de trabajo y con la finalidad de utilizar el lecho bajo de losa como un difusor hacia el interior de los espacios.

El diseño del Sistema Integral está basado en dispositivos similares, que tiene la misma finalidad y función pero con formas, dimensiones y usos distintos, el Sistema diseñado en esta investigación se adecuó a las necesidades propias del caso de estudio, sin embargo el concepto está comprobado que el aprovechamiento de luz natural por este Sistema puede traer beneficios en el ahorro económico del consumo energético y en su implementación siempre y cuando su construcción se contemple desde el diseño del edificio. Lo que significa que el poder implementar dispositivos de alta eficiencia es favorable para la preservación del medio ambiente ya que impacta de manera directa disminuir el consumo de energía eléctrica y con ello reducir la emisión de gases.

Proyectos a futuro

1. Realizar pruebas higrotermicas en espacios que se ven beneficiados por la implementación de dispositivos de alta eficiencia para el aprovechamiento de luz natural principalmente ductos.
2. El análisis y evaluación de distintos materiales traslucidos respecto de su comportamiento como difusores iluminación evaluando sus propiedades de refracción para el control de la incidencia solar al interior de espacios arquitectónicos.

ABSORCION. Proceso mediante el cual la intensidad de un haz luminoso es atenuada en un medio material. La energía de la radiación absorbida es retenida por los átomos del medio.

ALBEDO. El **albedo** es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las opacas. El albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol. Es una medida de la tendencia de una superficie a reflejar radiación incidente.

CALENTAMIENTO GLOBAL. El calentamiento global es un término utilizado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, que posiblemente alcanzó el nivel de calentamiento de la época medieval a mediados del siglo XX, para excederlo a partir de entonces.

CANTIDAD DE LUZ. Es el flujo luminoso por el tiempo que permanece su acción. Su unidad es el lumen por segundo (lm/s).

CAMBIO CLIMATICO. Se llama cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales *(Crowley y North, 1988)* como antropogénicas *(Oreskes, 2004)*.

COLOR. Interpretación que hace nuestro sistema visual de determinadas longitudes de onda de la luz visible.

COLORES COMPLEMENTARIOS. Cualquier pareja de colores que al mezclarse en proporciones iguales resulta blanco.

COLORES PRIMARIOS. Tres colores como base para producir todos los colores. Para iluminación se usan los primarios ***aditivos***: rojo, verde y azul. Para pigmentos se usan los primarios ***sustractivos***: magenta, amarillo y cian (índigo o añil).

CÓNCAVO. Se aplica las superficies curvas que forman una cavidad. Las lentes cóncavas son más delgadas en el centro que en el borde.

CONTRASTE. Es la diferencia de iluminancias entre dos zonas del campo visual.

CONVERGENTE. Se aplica a las lentes y los espejos que aumentan la convergencia de un haz de luz; las lentes convexas son convergentes.

CONVEXO. Se aplica a las superficies curvas redondeadas hacia el exterior, las lentes convexas son más gruesas en el centro que en el borde.

CUERPO NEGRO. Absorbedor y emisor perfecto de radiación electromagnética.

DESLUMBRAMIENTO. Limitación de la capacidad de ver por exceso de contrastes en el campo visual.

DIAGRAMA ISOLUX. Representación gráfica sobre el plano de trabajo de curvas que unen todos los puntos de igual iluminancia.

DISPERSIÓN. Separación o descomposición de la luz en los colores del espectro, como la que se produce al pasar la luz por un prisma, también se entiende, por la desviación irregular de la luz en todas direcciones como la producida por la partículas de la atmósfera.

DISTANCIA FOCAL. La distancia entre el foco y el centro óptico de la lente.

DIVERGENTE. Se aplica a las lentes y los espejos que aumentan la divergencia de un haz de luz; las lentes cóncavas son divergentes.

EFECTO INVERNADERO. Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con la mayoría de la comunidad

científica, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad humana. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala mundial un efecto similar al observado en un invernadero.

EMISIÓN. Proceso mediante el cual se produce la luz; la energía luminosa proviene de la materia que emite la luz.

ESPECTRO. Diagrama o gráfica de la intensidad de la luz como función de la frecuencia (o la longitud de onda). Espectro de ***absorción***: serie de líneas o bandas oscuras en un espectro, debidas a la absorción de la luz por una sustancia. Espectro de ***emisión***: serie de líneas o bandas luminosas en un espectro, debidas a la emisión de luz por una sustancia.

FASE. Amplitud relativa de la onda en un punto dado, se dice que dos ondas están en fase cuando coinciden sus amplitudes relativas.

FLUORESCENCIA. Luz emitida por determinados cuerpos o sustancias, enseguida de haber sido expuestos a iluminación de ciertos colores.

FRECUENCIA. El número de vibraciones o ciclos por unidad de tiempo. La frecuencia de las ondas electromagnéticas suele medirse en ciclos por segundo, llamados ***hertz***.

ILUMINANCIA O NIVEL DE ILUMINACIÓN. Cociente entre el flujo luminosos que incide sobre una superficie y el valor de dicha superficie.

IMAGEN VIRTUAL. Imagen que parece estar situada en la región de donde divergen los rayos de luz después de haber sido desviados por una lente o un espejo; no puede ser proyectada sobre una pantalla.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN. Propiedad óptica de un medio, que determina, entre otras cosas, la desviación sufrida por la luz al entrar en ese medio y la velocidad de propagación d ella en el medio; indica con la literal ***n.***

INCANDESCENCIA. Luz producida por metales y otros materiales al ser elevados a muy altas temperaturas. Se aplica e particular al filamento de los bulbos eléctricos.

ISOLUXES. Representación grafica de valores de iluminancia.

LÁSER. Fuente de luz que opera en dos etapas: inicialmente los átomos son bombeados a un estado excitado, y después se estimula la emisión de luz por estos átomos. La intensidad de luz emitida puede ser mucho mayor que la luz empleada para inducir la emisión. La palabra láser es el acrónimo de ***Light Amplification by Stimulated Emisión of Radiation***.

LENTE DE FRESNEL. Lente convergente muy delgada, hecha de surcos concéntricos cuya curvatura en cada punto de la superficie es igual a la de una lente convexa.

LONGITUD DE ONDA. Distancia entre dos crestas consecutivas de una onda.

LUMINANCIA. Brillantez o luminosidad de una superficie que indica el grado de luminosidad que el ojo humano percibe de una superficie.

LUMINISCENCIA. Cualquier emisión de luz que no es térmica.

LUX. Unidad de iluminación equivalente a 1 lumen emitido en 1 m^2 de superficie.

LUXOMETRO (LIGHT METER). Instrumento digital que registra niveles de iluminancia.

PENUMBRA. La umbra (en latín: "*sombra*") es la parte más oscura de una sombra. Dentro de la umbra, la fuente de luz es completamente bloqueada por el objeto que causa la sombra. Esto contrasta con la penumbra (en latín: paene *casi*+umbra *sombra*), donde la fuente lumínica sólo es bloqueada parcialmente.

REFLECTANCIA Y/O REFLECTIVIDAD. En fotometría y en transferencia de calor, la reflectividad es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie. En general debe

tratársela como una propiedad direccional, en función de la dirección reflejada, de la dirección incidente, y de la longitud de onda incidente.

REFLEXIÓN. Fenómeno que ocurre cuando la luz incide sobre una superficie y es desviada por ésta sin cambiar de medio. La reflexión es ***especular*** cuando la superficie es lisa, y ***difusa*** cuando la superficie es rugosa.

REFRACCIÓN. Cambio de dirección de propagación de la luz, que se produce cuando ésta pasa de un medio a otro de diferente densidad (o diferente índice de refracción).

TRASLÚCIDO. Dícese de un medio que transmite la luz pero la dispersa, de manera que no permite que se vea con claridad lo que ésta al otro lado de él.

Referencias Bibliográficas

1. **Arnal, Luís, BETANCOURT, Max, (2006)**
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Ed. Trillas, México

2. **A.S.H.R.E. (2005)**
Handbook Fundamentals, Ed. American Society of Heating Air Conditioning Engineers Inc. Atlanta, USA.

3. **Cetto, Ana María (1987)**
La luz, Fondo de Cultura Económica, México, DF

4. **Feijo, Jesús**
Instalaciones de Iluminación en la Arquitectura, Universidad de Valladolid, Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid

5. **Fuentes, Víctor (2004)**
Clima y Arquitectura, UAM- Azcapotzalco, México, DF

6. **García, José Roberto (1990)**
Manual de Arquitectura Solar, Ed. Trillas, México DF

7. **García, José Roberto (1999) Compilador**
Arquitectura, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable UAM-Azc. México. DF

8. **García, José Roberto (2000) Compilador**
Hacia una Arquitectura Ecológica y Sustentable, UAM-Azc. México. DF

9. **Gutiérrez, Raúl Sáenz (1980)**
Introducción al Método Científico, Ed Esfinge, Estado de México, México

10. **Ibáñez, M., Rosell Polo, J. R., Rosell Urrutia, J,I. (2005)**
Tecnología Solar, Colección Energías Renovables, Ed Mundi-Prensa
Madrid, España

11. **Montaner, Joseph Maria (2002)**
La modernidad superada Arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX
Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España.

12. **Rodríguez, Manuel (2001)**
Introducción a la Arquitectura Bioclimática .Ed Limusa. México DF

13. **Savioli, Carlos U. (1993)**
Iluminación Natural, Ed. Alsina, Buenos Aires, Argentina

14. **Pattini, Andrea (2004)**
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) CRICYT-CONICET, Argentina.

15. Tippens, Paul E (1994)
Física Conceptos y Aplicaciones, Mc Graw Hill, México DF

16. Yeang, Ken (1995)
Proyectar con la Naturaleza, Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico. Mc Graw Hill, New Cork

Bibliografía consultada

1. **Aguilar, Mariano, Blanca, Vicente,**
Iluminación y Color, Servicio de Publicaciones SPUPV, Valencia, España

2. **Confort y Eficiencia Energética en la Arquitectura**
Memorias del IV Congreso Latinoamericano COTEDI en la Ciudad de México 2005, Vol. I, UAM-COTEDI.

3. **Clerici, Carlo,**
Luminotecnia, Ed. Técnicas REDE, Barcelona, España

4. **García, José Roberto (1996)**
Diseño Bioclimatico para Ahorro de Energía y Confort Ambiental Integral, Universidad Autónoma Metropolitana, México

5. **García, José Roberto, GONZÁLEZ Eleuterio (2001)**
Importancia del confort Termolumínico en las Edificaciones de Oficinas.
Memorias ANES

6. **Rodríguez, Manuel (2004) Compilador**
Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2004 Vol. VI.

7. **Smith, F (2001)**
Architecture in a Climate of Change, A guide to sustainable design. MA, USA

8. **Szokolay, Steven (1980)**
Energía Solar y Edificación, Ed. Blume, England

Referencias electrónicas

1. www.peatom.info
2. www.xenciclopedia.com
3. www.sondasespaciales.com
4. www.2.bp.blogspot.com

5. www.2.bp.blogspot.com

6. www.upaya.es

7. http://ar.geocities.com/weblaelectrica/images/rendimiento.jpg

8. www.crya.unam.mx/.../el_polvo/atardecer.jpg

9. www.crya.unam.mx/.../el_polvo/atardecer.jpg

10. www.canalfotografico.org/galeria/albums

11. www.canalfotografico.org/galeria/albums/userpics

12. www.didactika.com/fisica/optica/images/2.jpg

13. www.mundoespiritual.es/horoscopo/maya/calendario

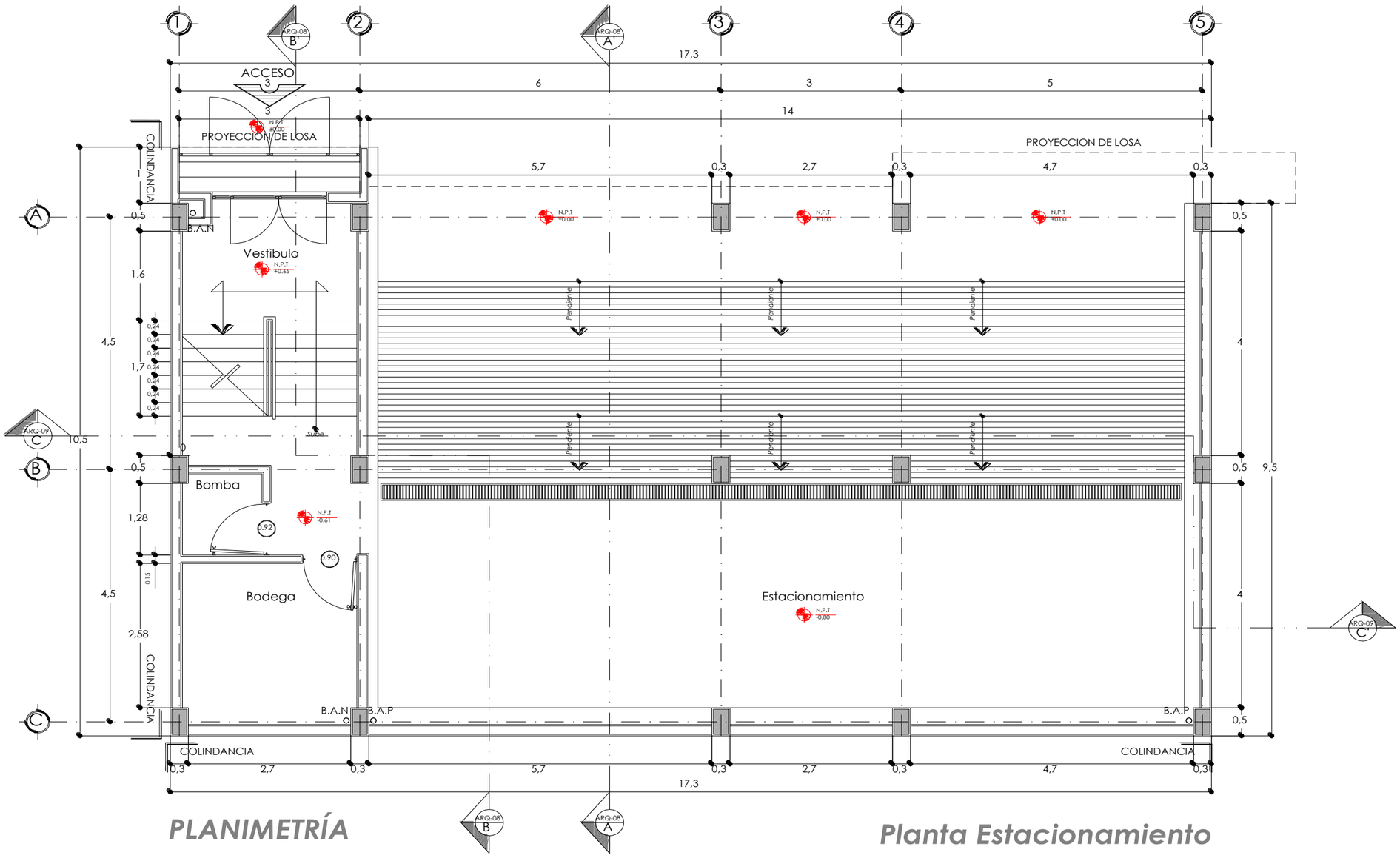
14. www.authenticmaya.com/uaxactun_gallery.htm

15. www.bibliotecapleyades.net/arqueologia/teotihuacan

16. http://farm1.static.flickr.com/29/103607627_abb8d1de18.jpg

17. http://www.ultimacurva.com/wp-content/uploads/2008/06/cielo-nublado-en-francia.jpg

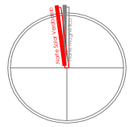
18.http://www.universocinema.com/UC%20ARTICULOS/FOTOS%20ARTICULOS/cielo+nubladoJPG.jpg



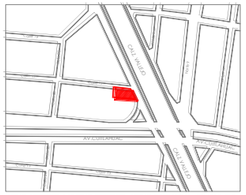
PLANIMETRÍA

Planta Estacionamiento

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y Circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R, Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Acceso	3.30 m2
Vestibulo	6.93 m2
Escaleras	7.92 m2
Bomba	5.77 m2
Bodega	10.72 m2
Estacionamiento	133 m2
TOTAL	670.27m2

arquitecto

Autor:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

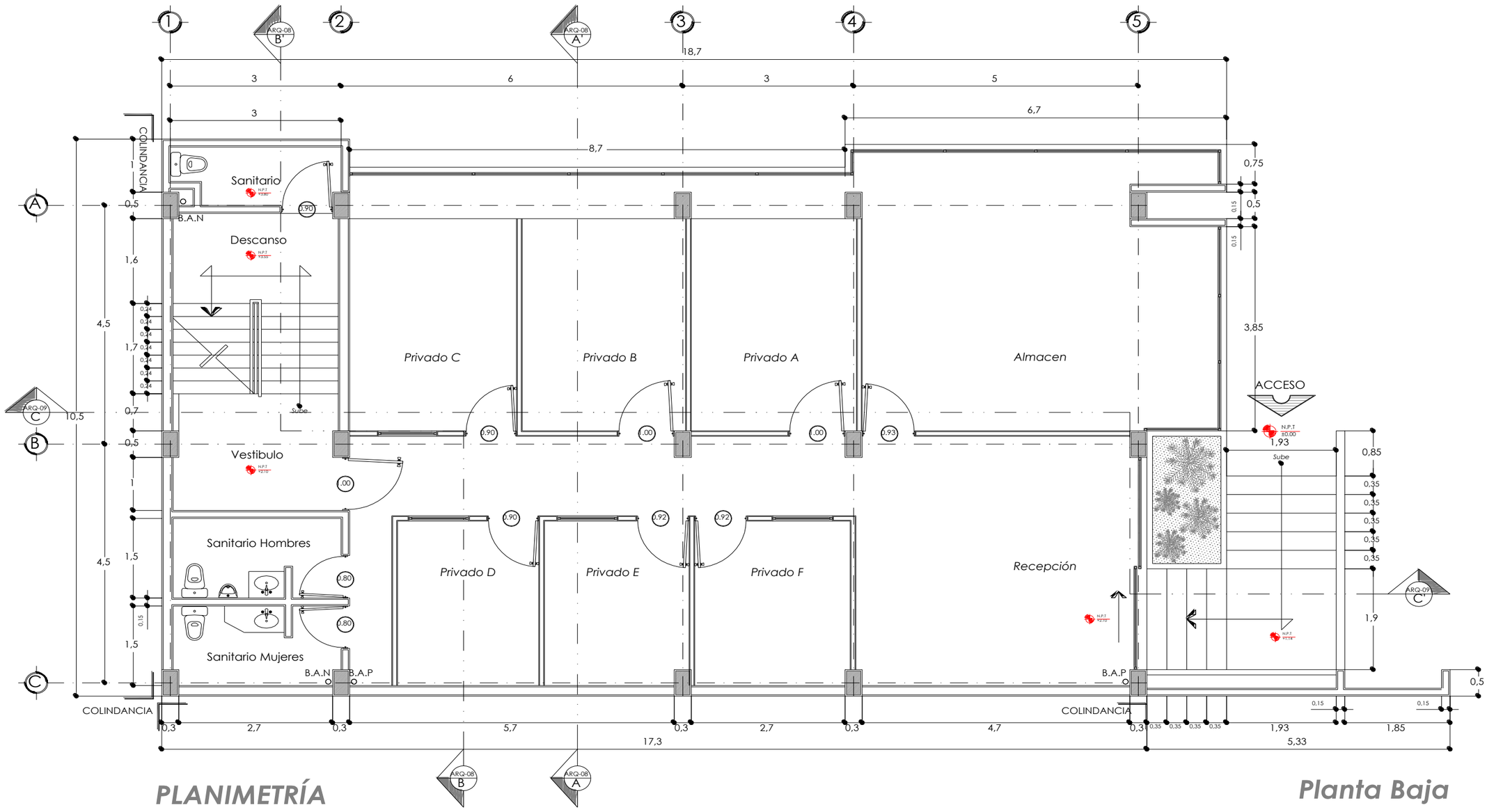
Nombre del plano:
Planta Estacionamiento

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-01

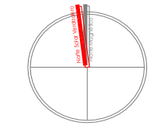
Escala gráfica:



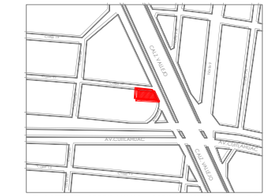
PLANIMETRÍA

Planta Baja

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	18.30 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	16.17 m2
Oficinas	148.80 m2
TOTAL	201.75 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

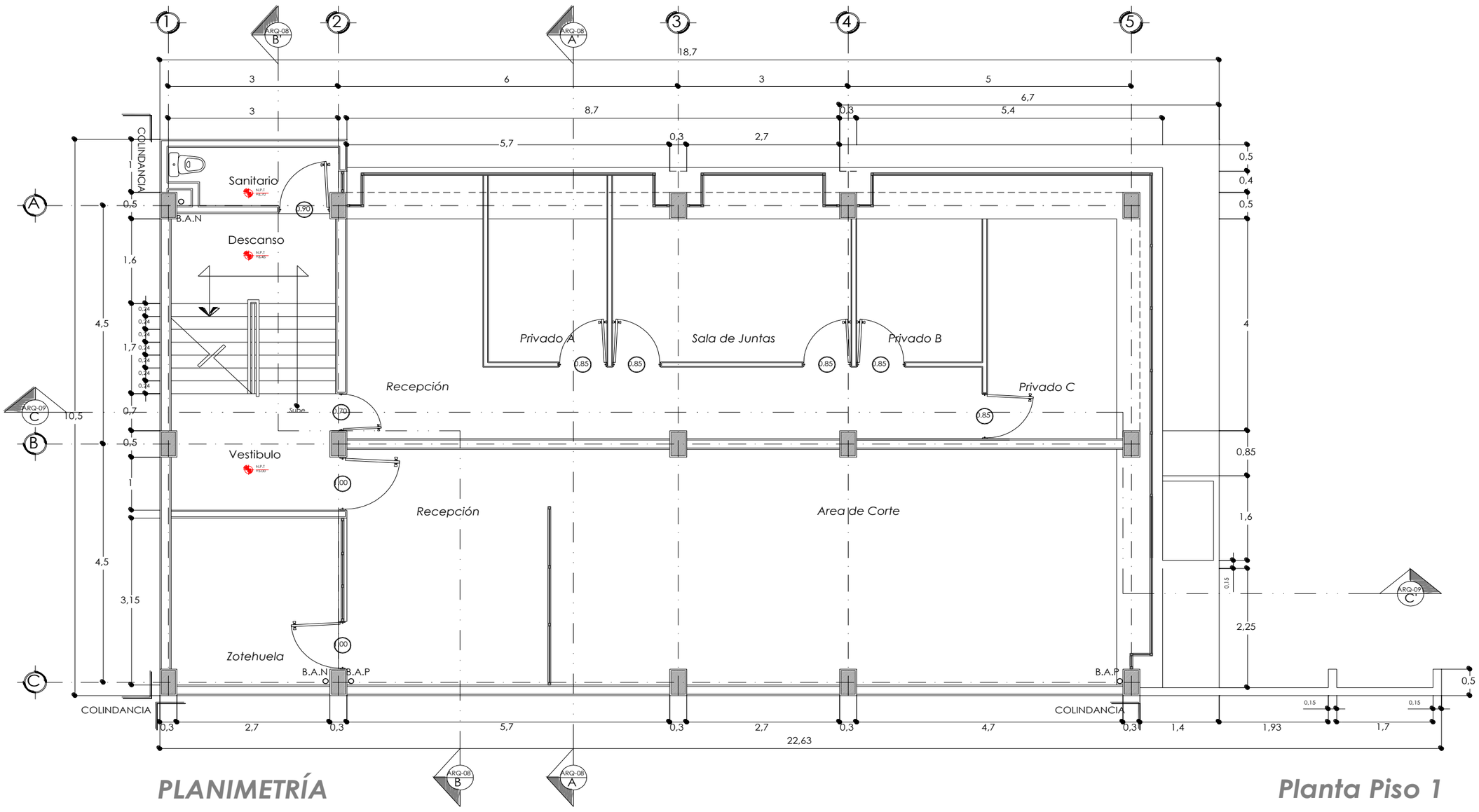
Nombre del plano: Planta Baja

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-02

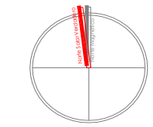
Escala gráfica:



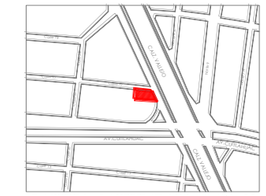
PLANIMETRÍA

Planta Piso 1

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

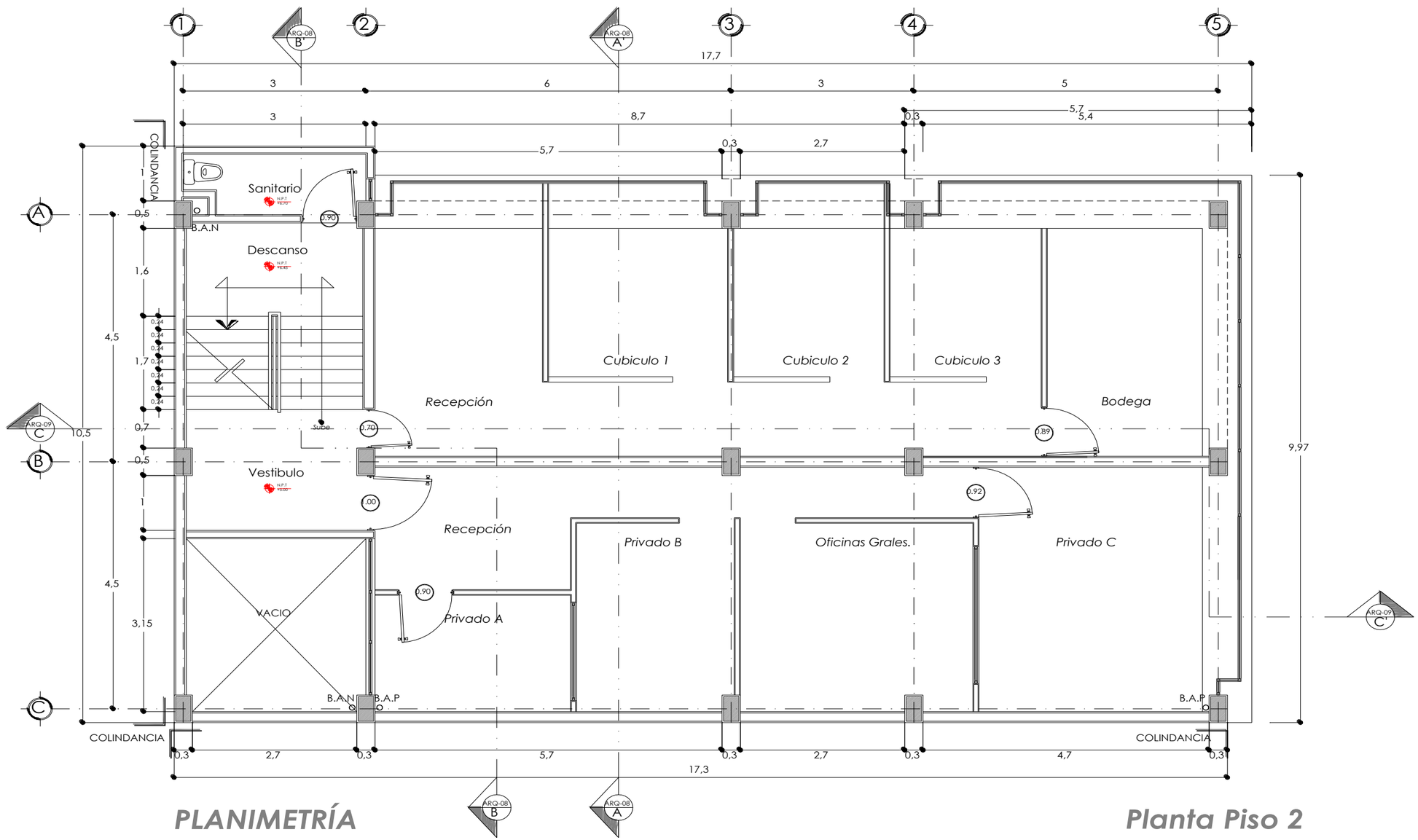
Nombre del plano: Planta Piso 1

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-03

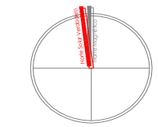
Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m



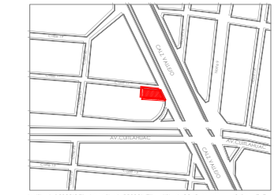
PLANIMETRÍA

Planta Piso 2

Orientación



Croquis de ubicación:



Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y Circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo:
Arq. Victor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

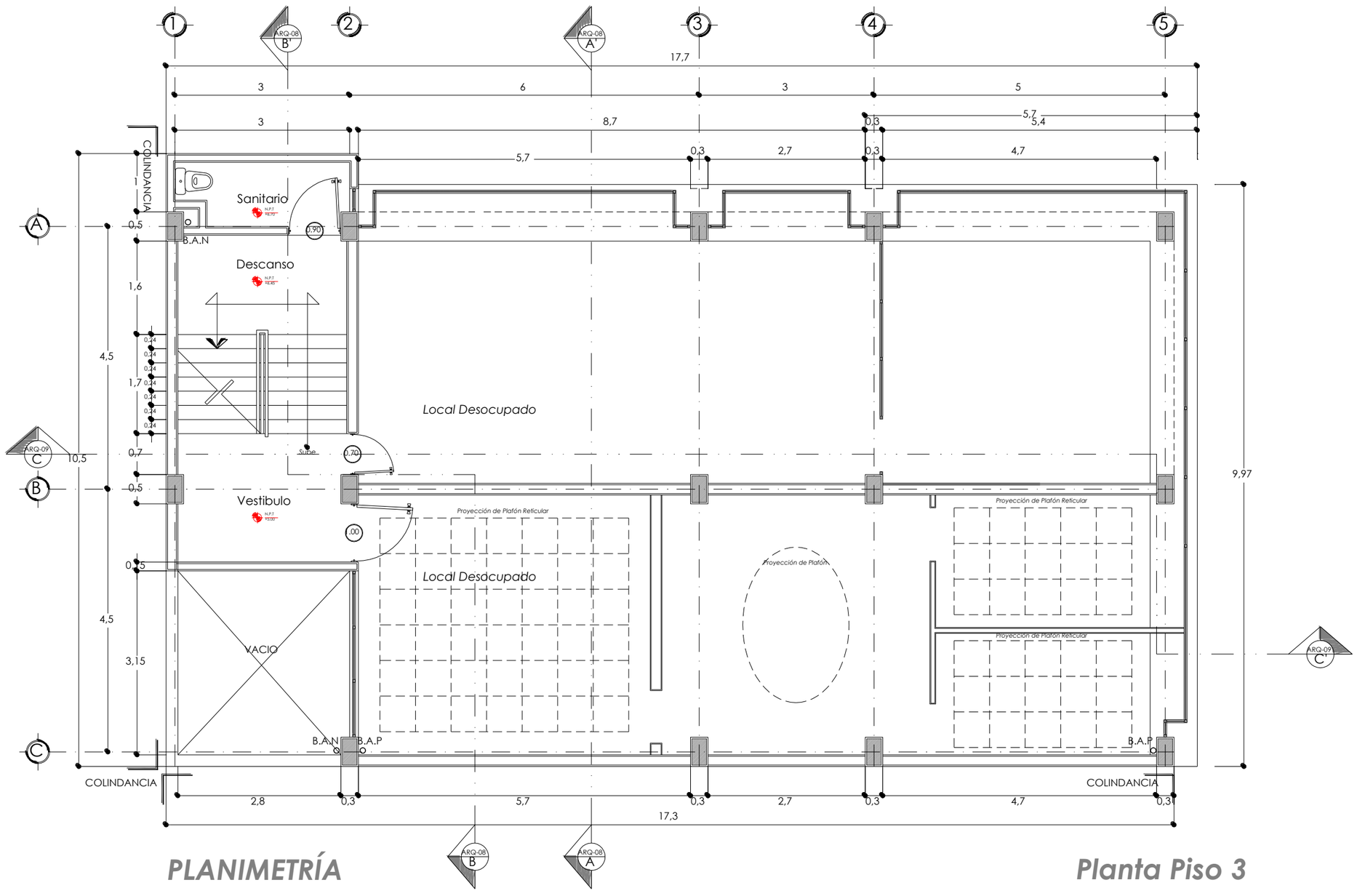
Nombre del plano:
Planta Piso 2

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-04

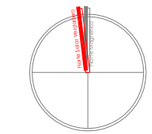
Escala gráfica:
0 0.5 1.5 2.5 m
0.25 1.0 2.0



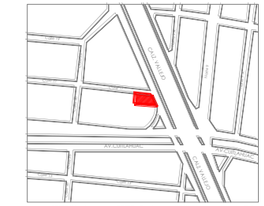
PLANIMETRÍA

Planta Piso 3

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

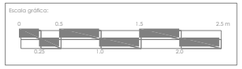
Nombre del plano: Planta Piso 3

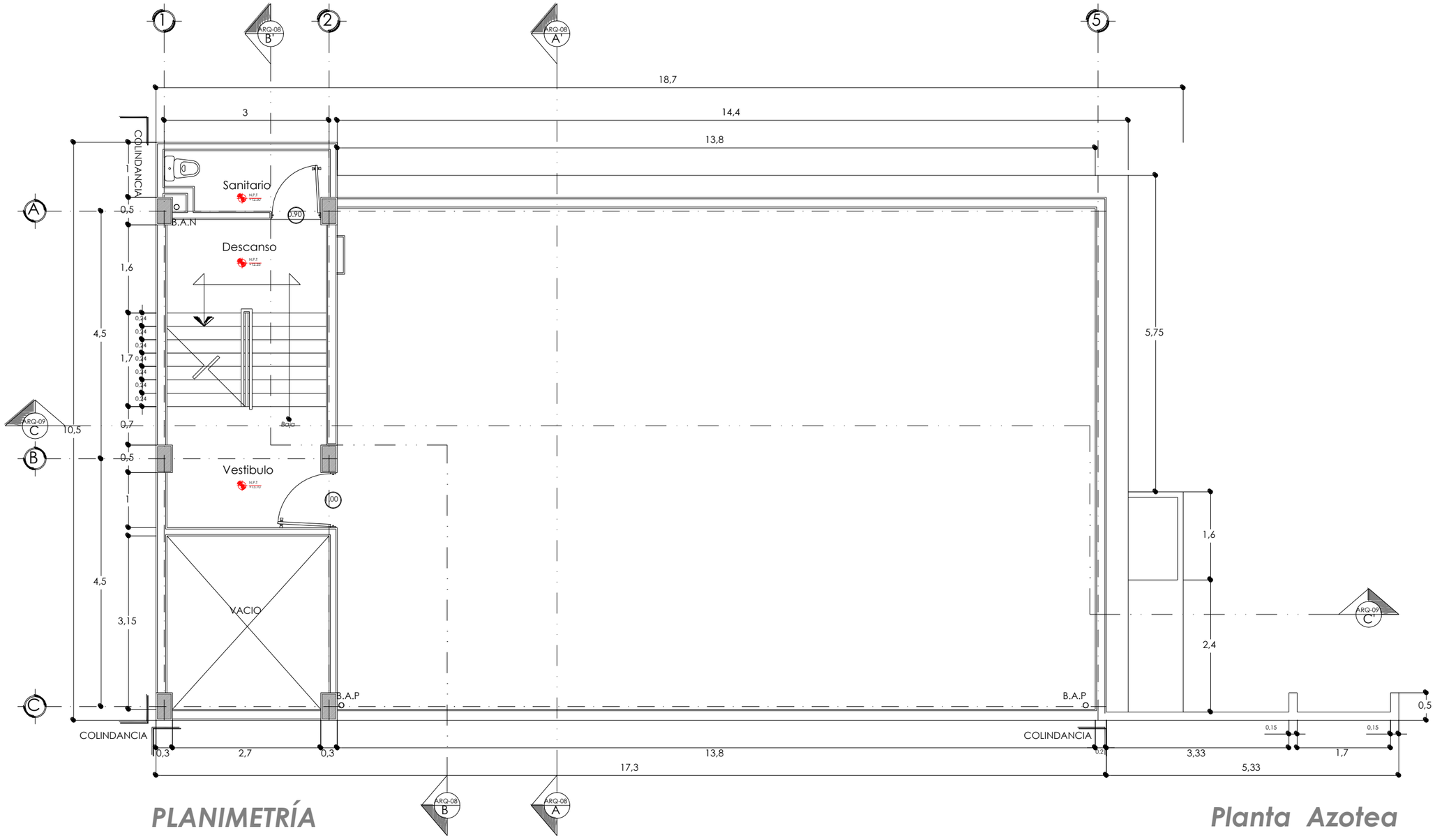
Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-05

Escala gráfica:

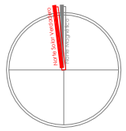




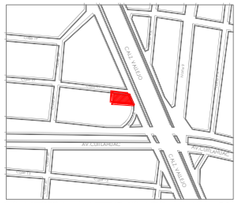
PLANIMETRÍA

Planta Azotea

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Externas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. Garcia Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Azotea	135.66 m2
TOTAL	170.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Calz. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

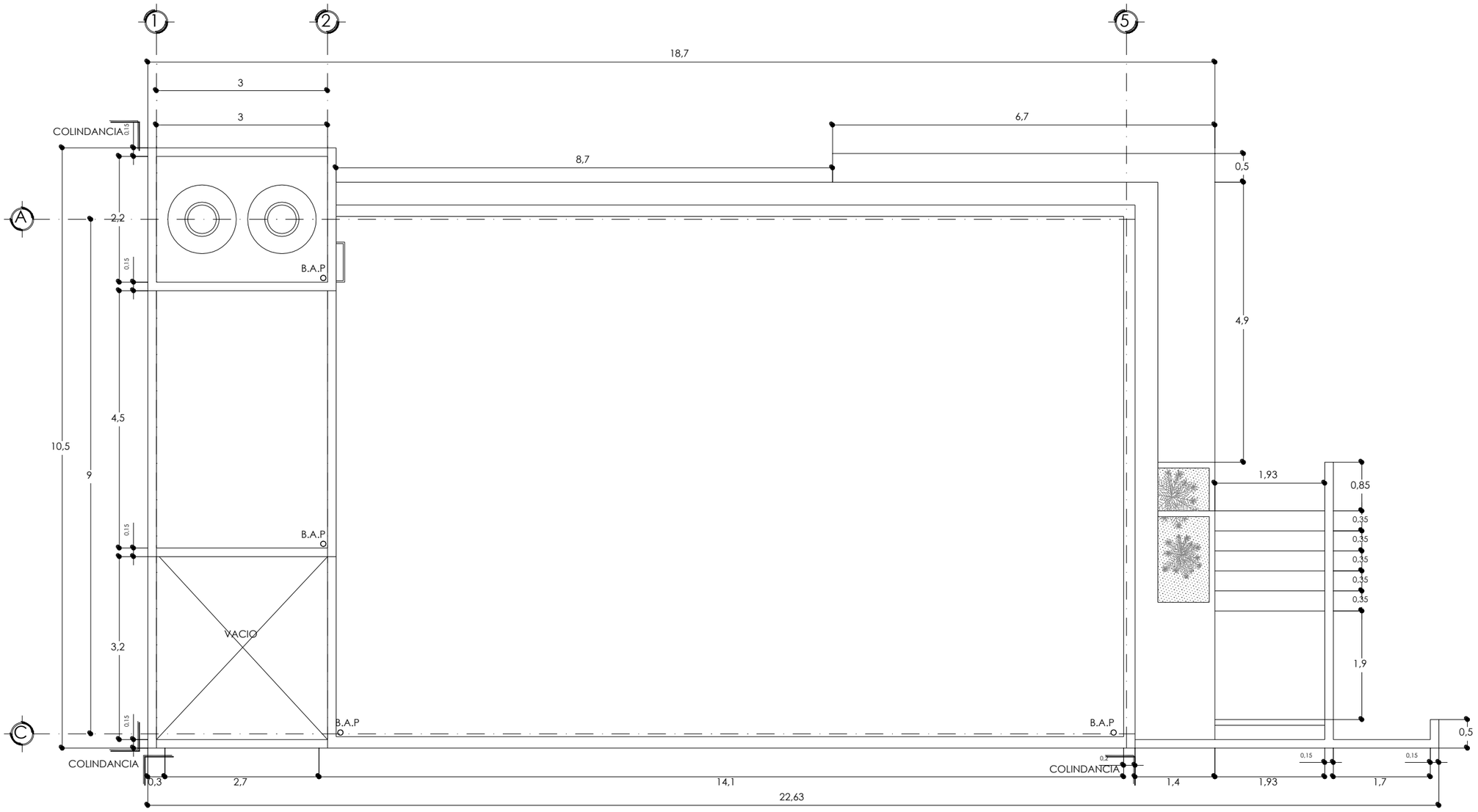
Nombre del plano: Planta Azotea

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-06

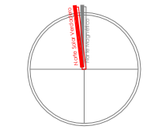
Escala gráfica: 0 0.5 1.0 2.3 m



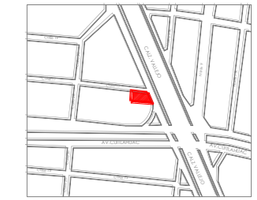
PLANIMETRÍA

Planta Cubiertas

Orientación



Croquis de ubicación:



Simbología:

Requerimientos Lumínicos			
DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Externas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas	
Area libre	11.50 m2
Cubierta Escaleras	15.34 m2
Cubierta Sanitarios (Tinacos)	8.25 m2
Cubiertas Oficinas	154.96 m2
TOTAL	190.05 m2

arquitecto

Diseño:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P.02600

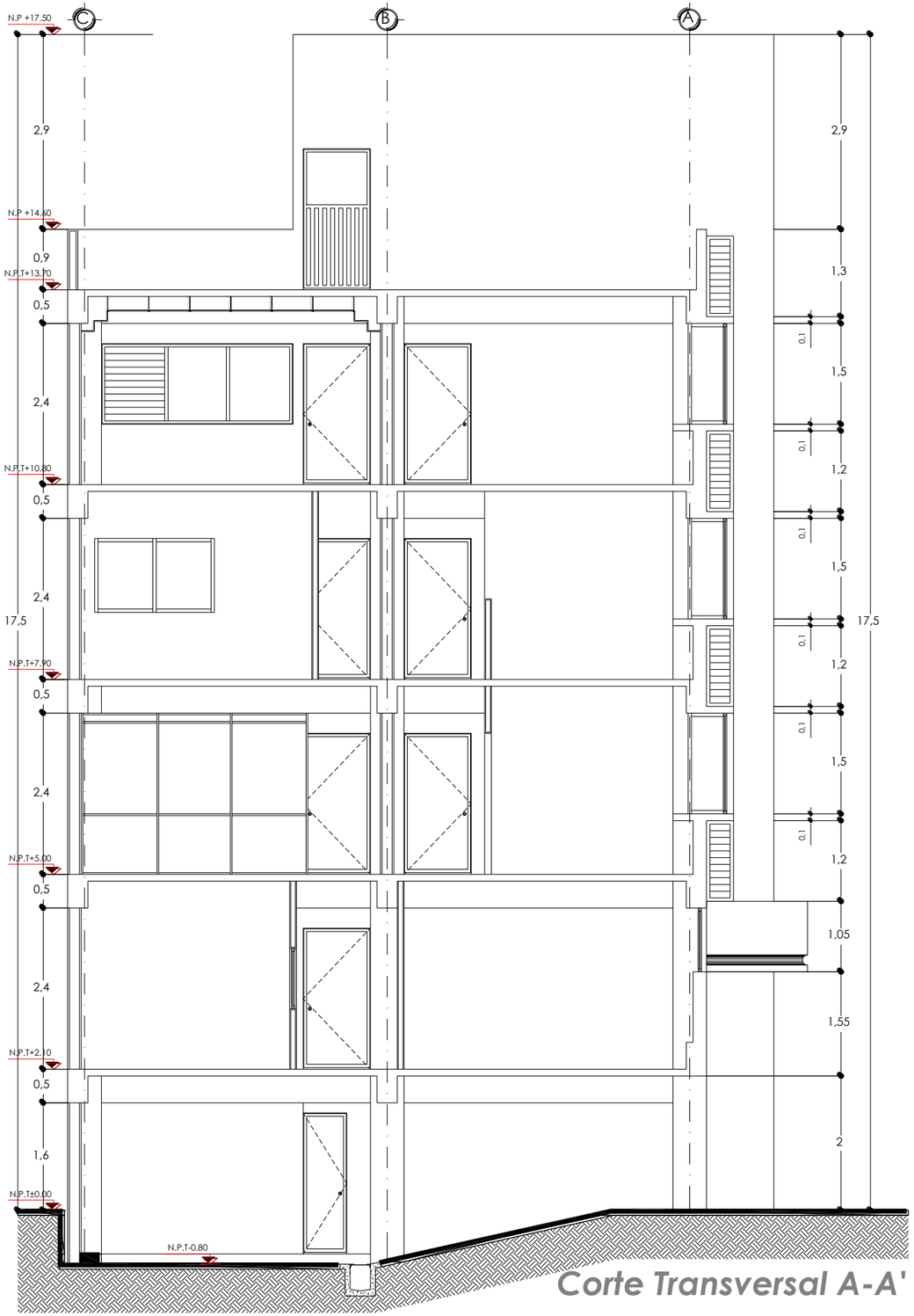
Nombre del plano:
Planta Cubiertas

Acotamiento:
Metros

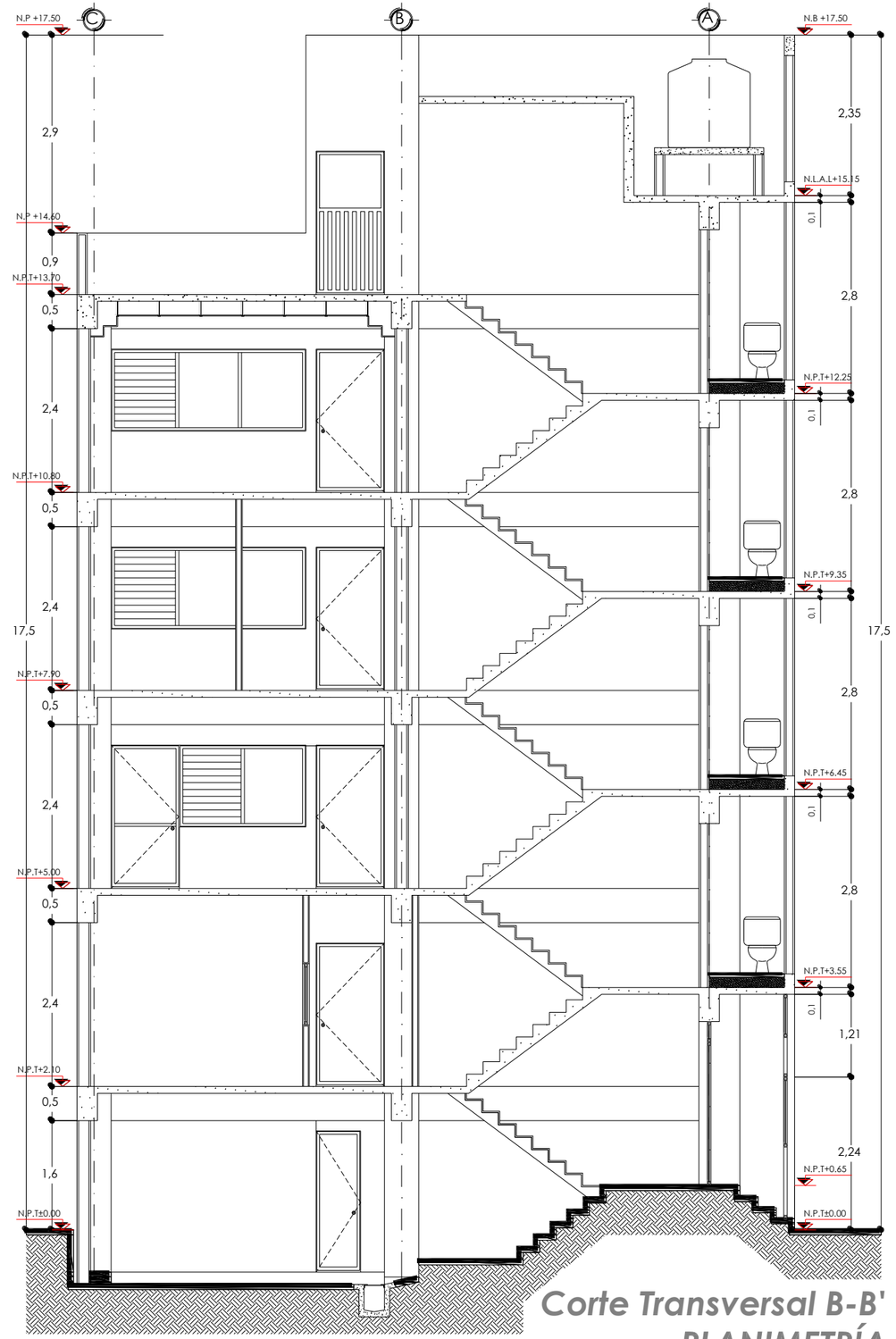
Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-07

Escala gráfica:



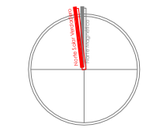
Corte Transversal A-A'



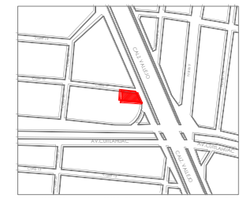
Corte Transversal B-B'

PLANIMETRÍA

Orientación



Croquis de ubicación:



Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Sala de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

arquitecto

Dibujo:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

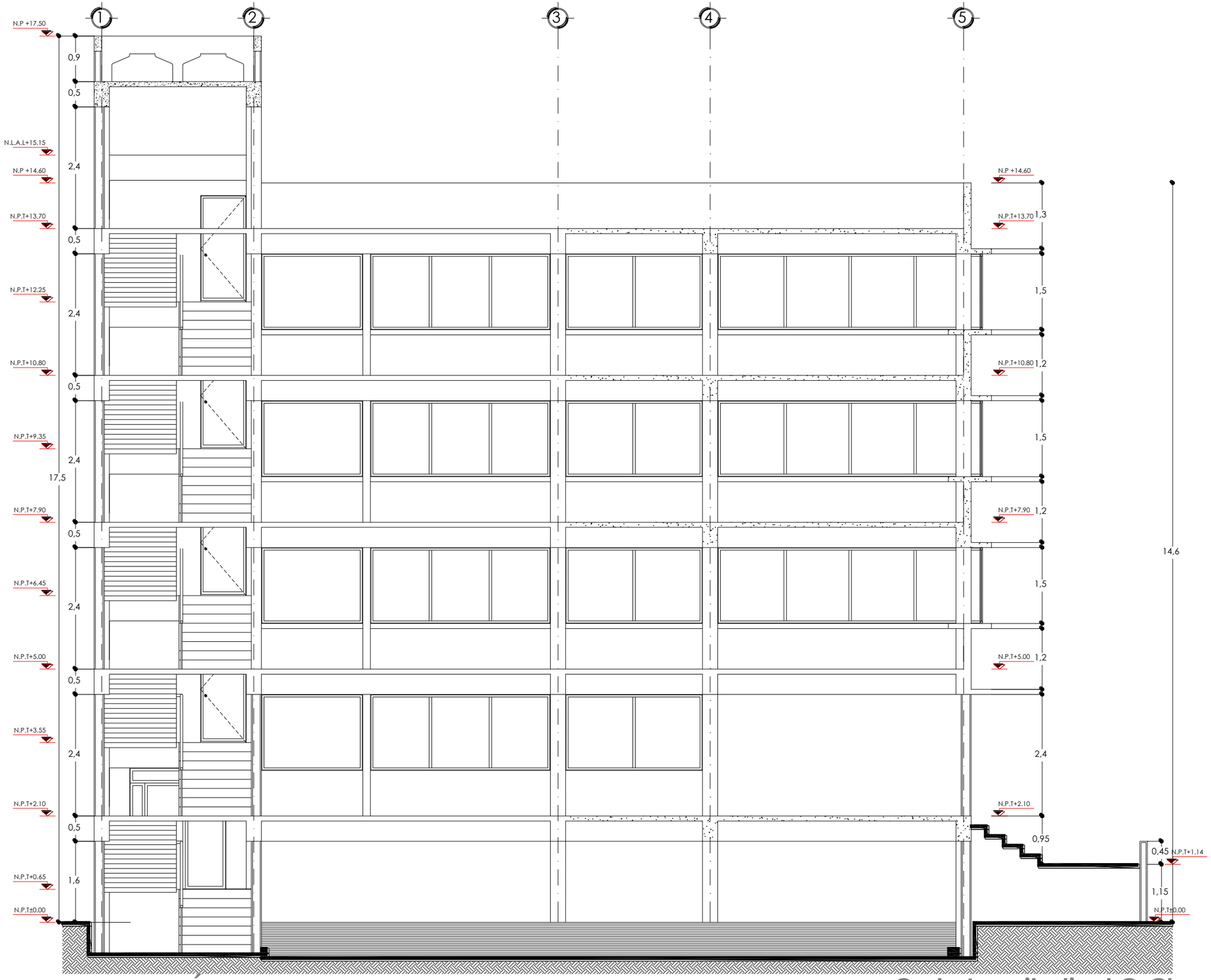
Nombre del plano:
Cortes Transversales

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-08

Escala gráfica:

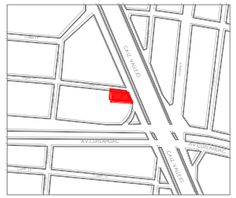


PLANIMETRÍA

Corte Longitudinal C-C'

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud: 19°28'25" Longitud: 99°08'47" Altitud: 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	300 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y Circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

arquitecto

Diseño:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

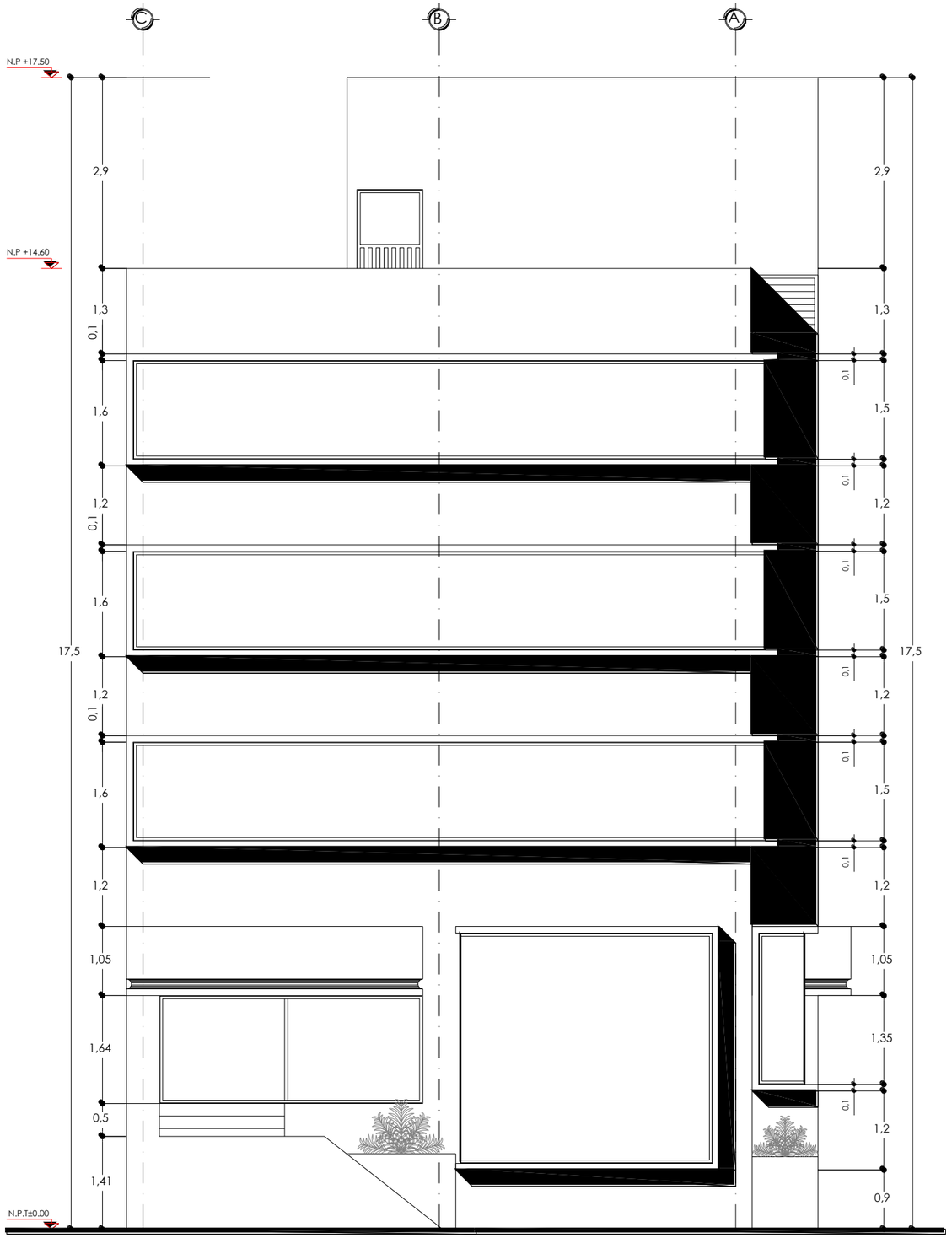
Nombre del plano:
Corte Longitudinal

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-09

Escala gráfica:
0 0.5 1.0 2.5 m
0.25 1.5 2.0

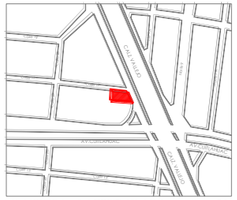


PLANIMETRÍA

Fachada Oriente

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	300 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

arquitecto

Dibujo:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

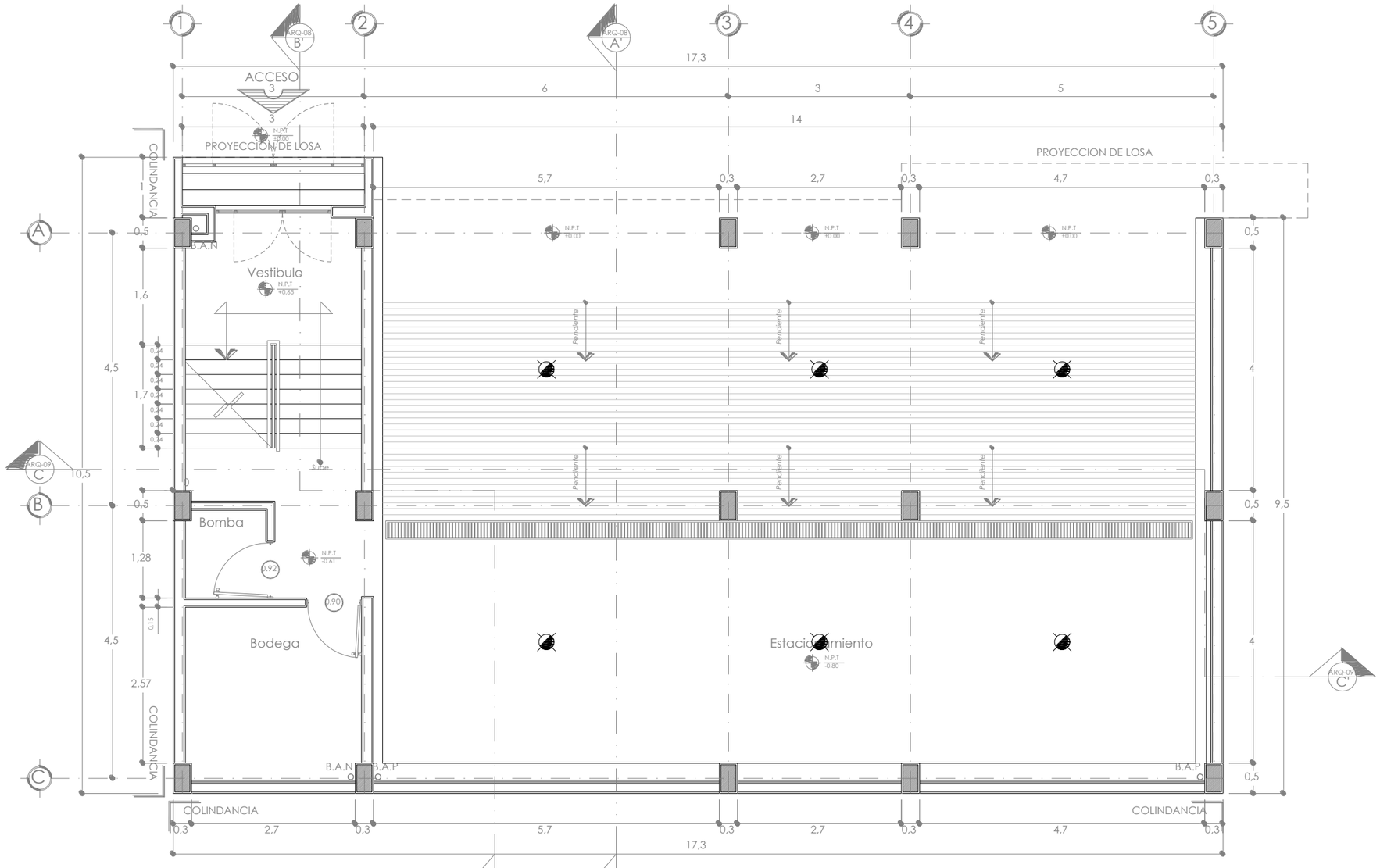
Nombre del plano:
Fachada Oriente

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-10

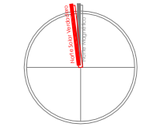
Escala gráfica:
0 0.5 1.5 2.5 m
0.25 1.0 2.0



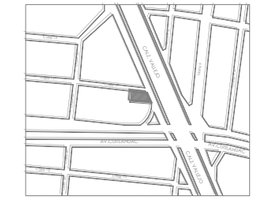
PLANIMETRÍA

Instalación Electrica Estacionamiento

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- Spot Fluorescente 13 Watts
- Lampara Incandescente 20 Watts
- Gabinete 1 Lampara 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 4 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 2.44 x 75 Watts

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	300 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	3.30 m2
Vestibulo	6.93 m2
Escaleras	7.92 m2
Bomba	5.77 m2
Bodega	10.72 m2
Estacionamiento	133 m2
TOTAL	670.27m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

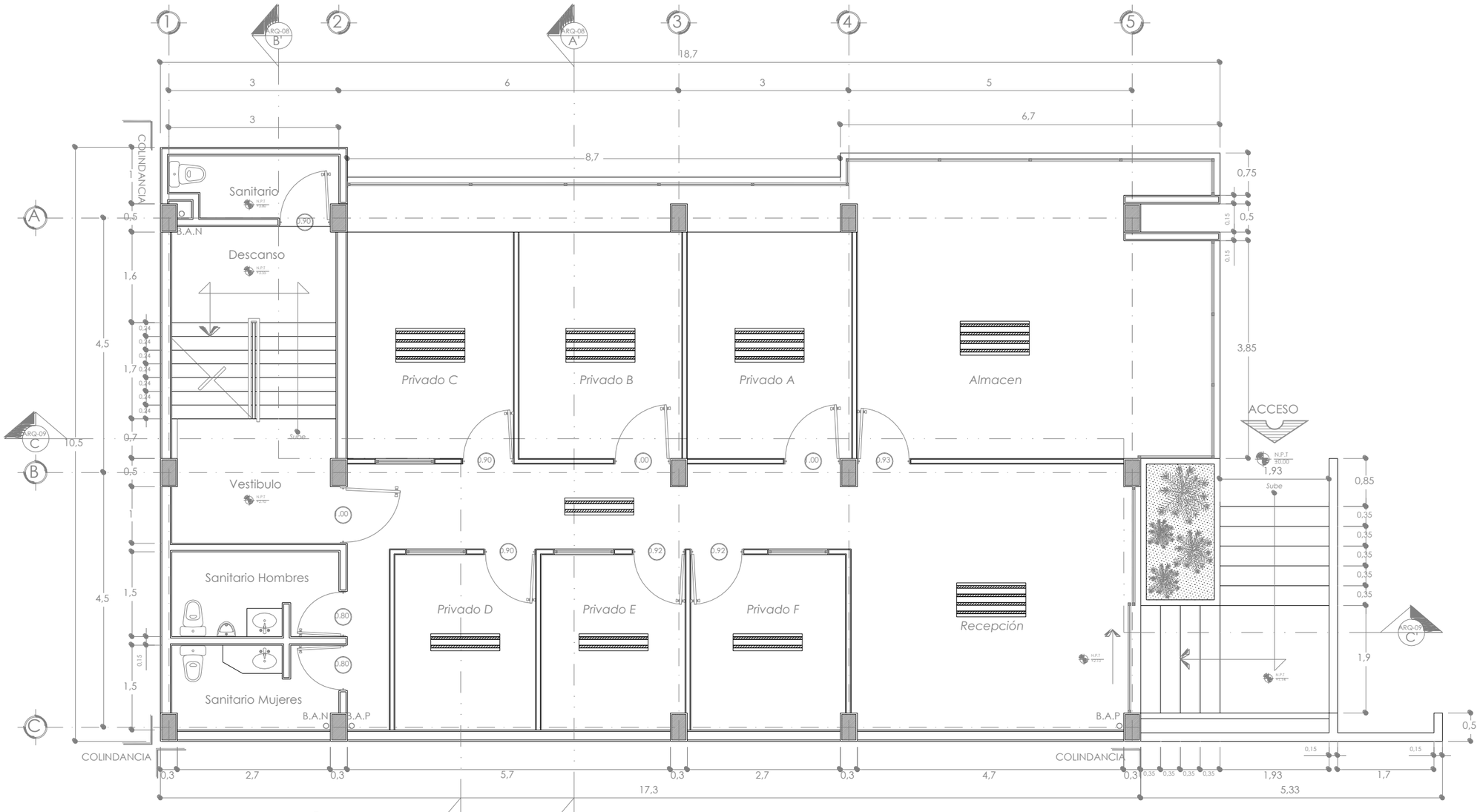
Nombre del plano: Electrica Estacionamiento

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: IE-01

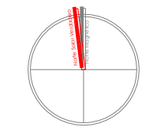
Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m



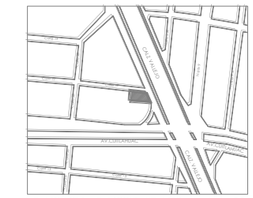
PLANIMETRÍA

Intalación Electrica Planta Baja

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- Spot Fluorescente 13 Watts
- Lampara Incandescente 20 Watts
- Gabinete 1 Lampara 1.22 x 39 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 1.22 x 39 Watts
- Gabinete 4 Lamparas 1.22 x 39 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 2.44 x 75 Watts

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Externas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	300 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Acceso	18.30 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	16.17 m2
Oficinas	148.80 m2
TOTAL	201.75 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

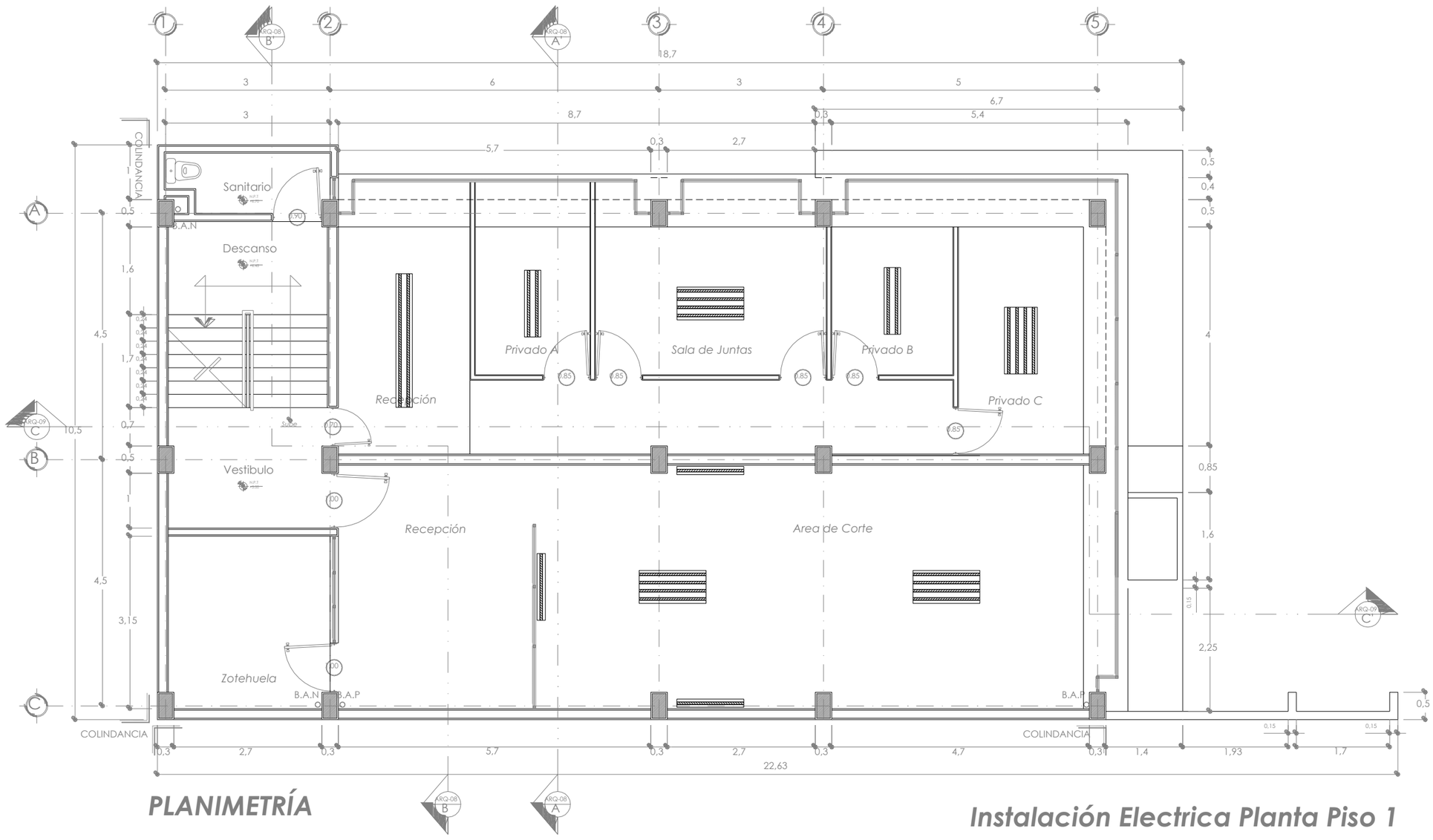
Nombre del plano: Electrica Planta Baja

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: IE-02

Escala gráfica: 0 0.5 1.0 2.5 m

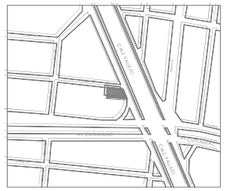


PLANIMETRÍA

Instalación Electrica Planta Piso 1

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud: 19°28'25" Longitud: 99°08'47" Altitud: 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- Spot Fluorescente 13 Watts
- Lampara Incandescente 20 Watts
- Gabinete 1 Lampara 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 4 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 2.44 x 75 Watts

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y Circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Autor: Arq. Victor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

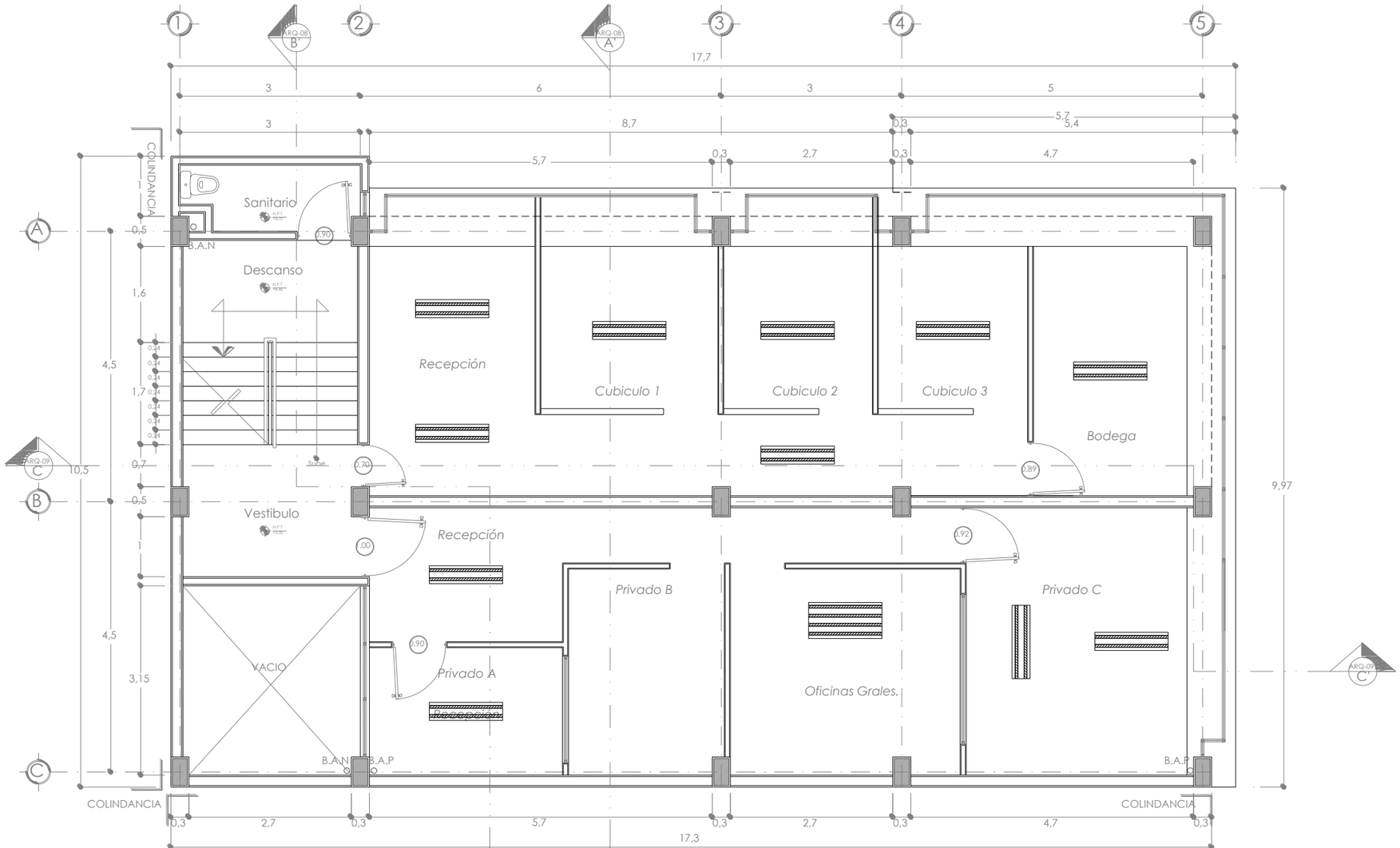
Nombre del plano: Electrica Planta Piso 1

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: IE-03

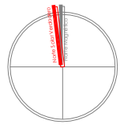
Escala gráfica:



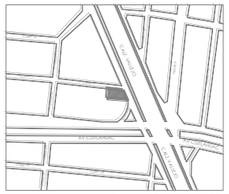
PLANIMETRÍA

Instalación Electrica Planta Piso 2

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud: 19°28'25" Longitud: 99°08'47" Altitud: 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- Spot Fluorescente 13 Watts
- Lampara Incandescente 20 Watts
- Gabinete 1 Lampara 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 4 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 2.44 x 75 Watts

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

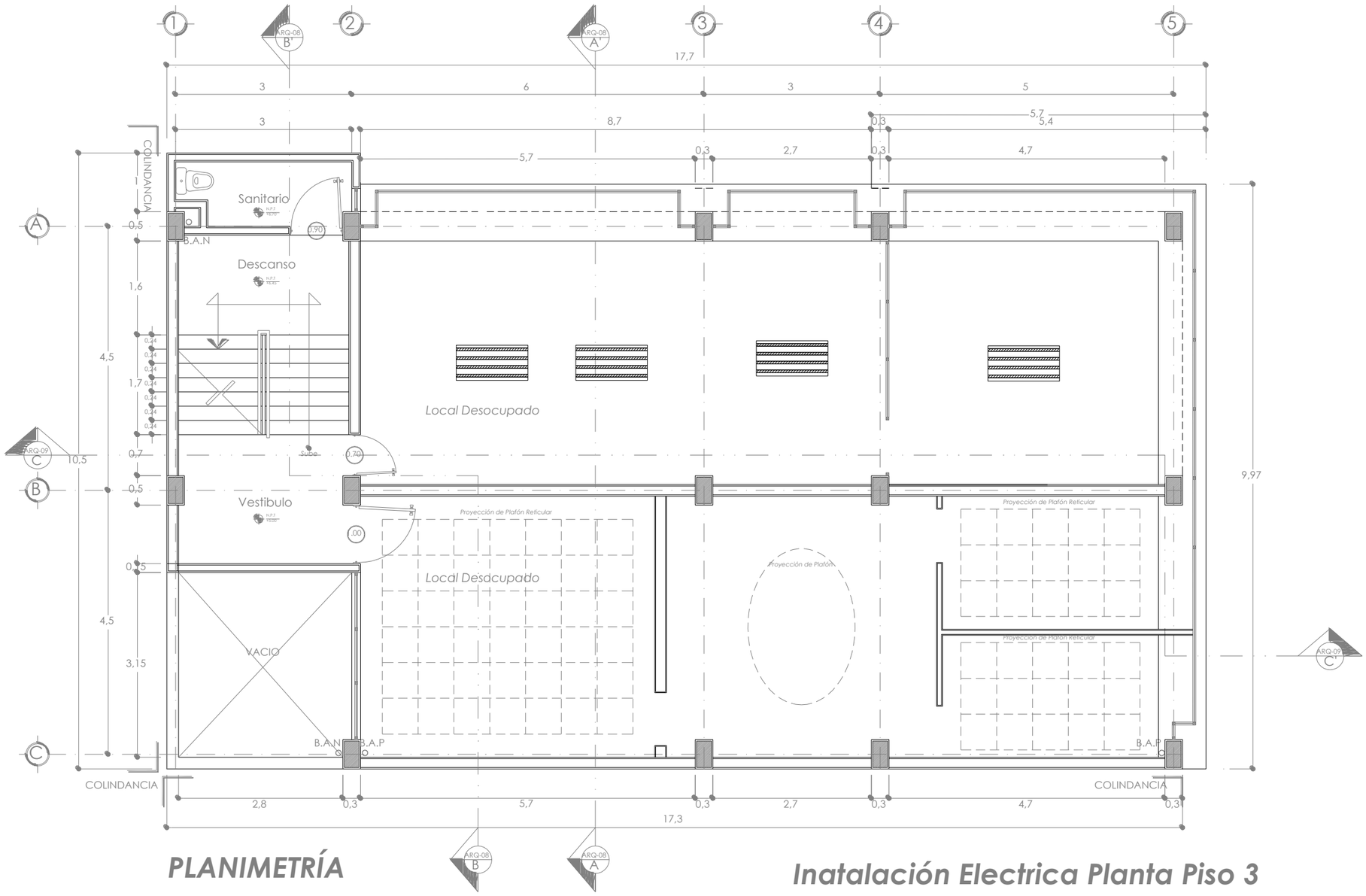
Nombre del plano: Electrica Planta Piso 2

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: IE-04

Escala gráfica: 0 0.5 1.0 2.5 m

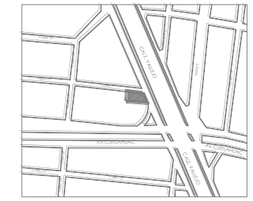


PLANIMETRÍA

Inatalación Electrica Planta Piso 3

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- Spot Fluorescente 13 Watts
- Lampara Incandescente 20 Watts
- Gabinete 1 Lampara 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 4 Lamparas 1.22 x 50 Watts
- Gabinete 2 Lamparas 2.44 x 75 Watts

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñiz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

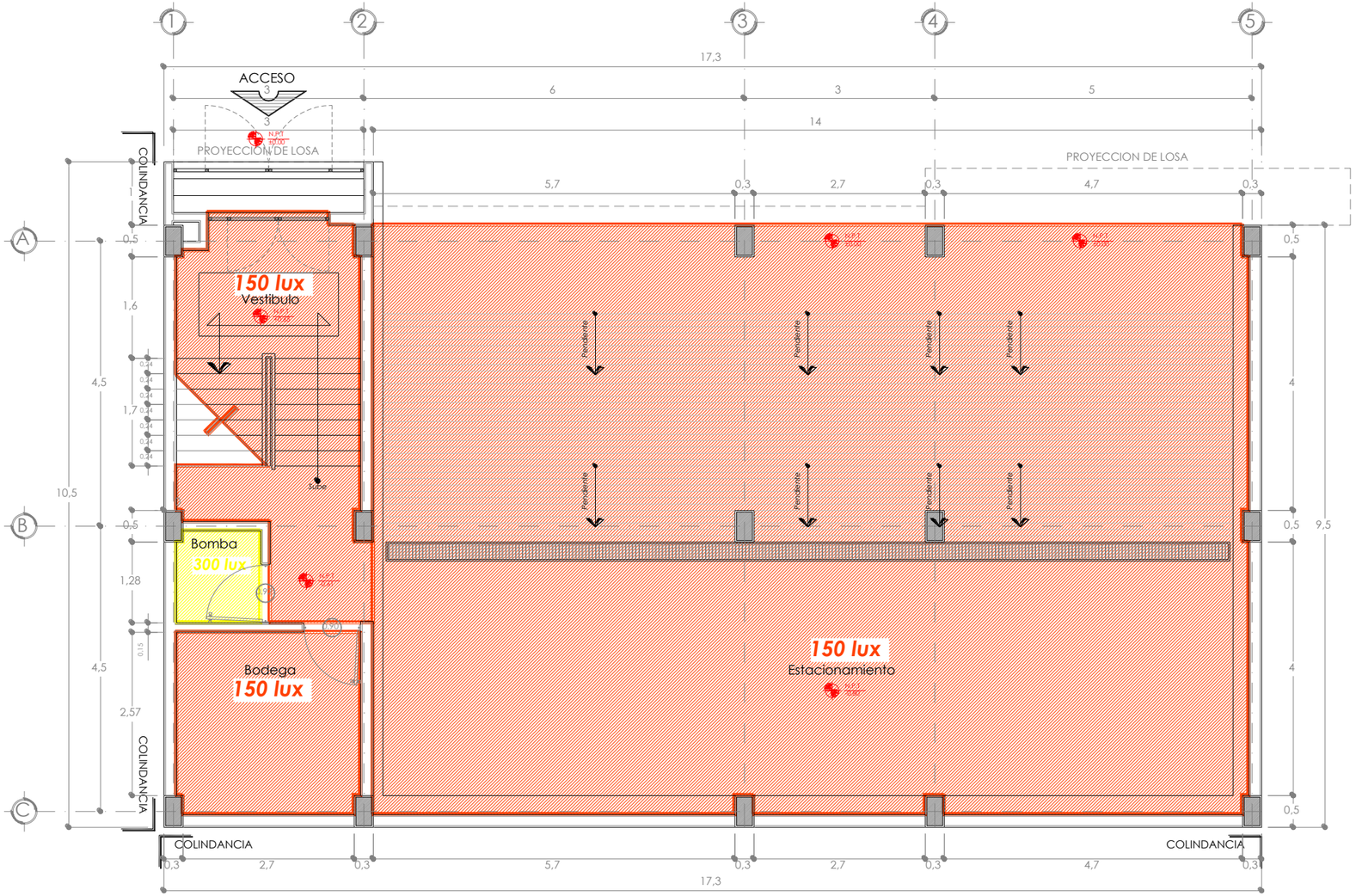
Nombre del plano:
Electrica Planta Piso 3

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

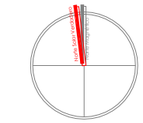
Clave de plano:
IE-05

Escala gráfica:
0 0.5 1.5 2.5 m
0.25 1 2

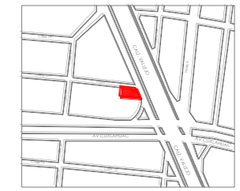


Requerimientos de iluminación Estacionamiento

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- 100 Lux
- 150 Lux
- 200 Lux
- 250 Lux
- 300 Lux
- 350 Lux
- 400 Lux
- 450 Lux
- 500 Lux

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R, Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	3.30 m2
Vestíbulo	6.93 m2
Escaleras	7.92 m2
Bomba	5.77 m2
Bodega	10.72 m2
Estacionamiento	133 m2
TOTAL	670.27m2

arquitecto

Dibujo:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

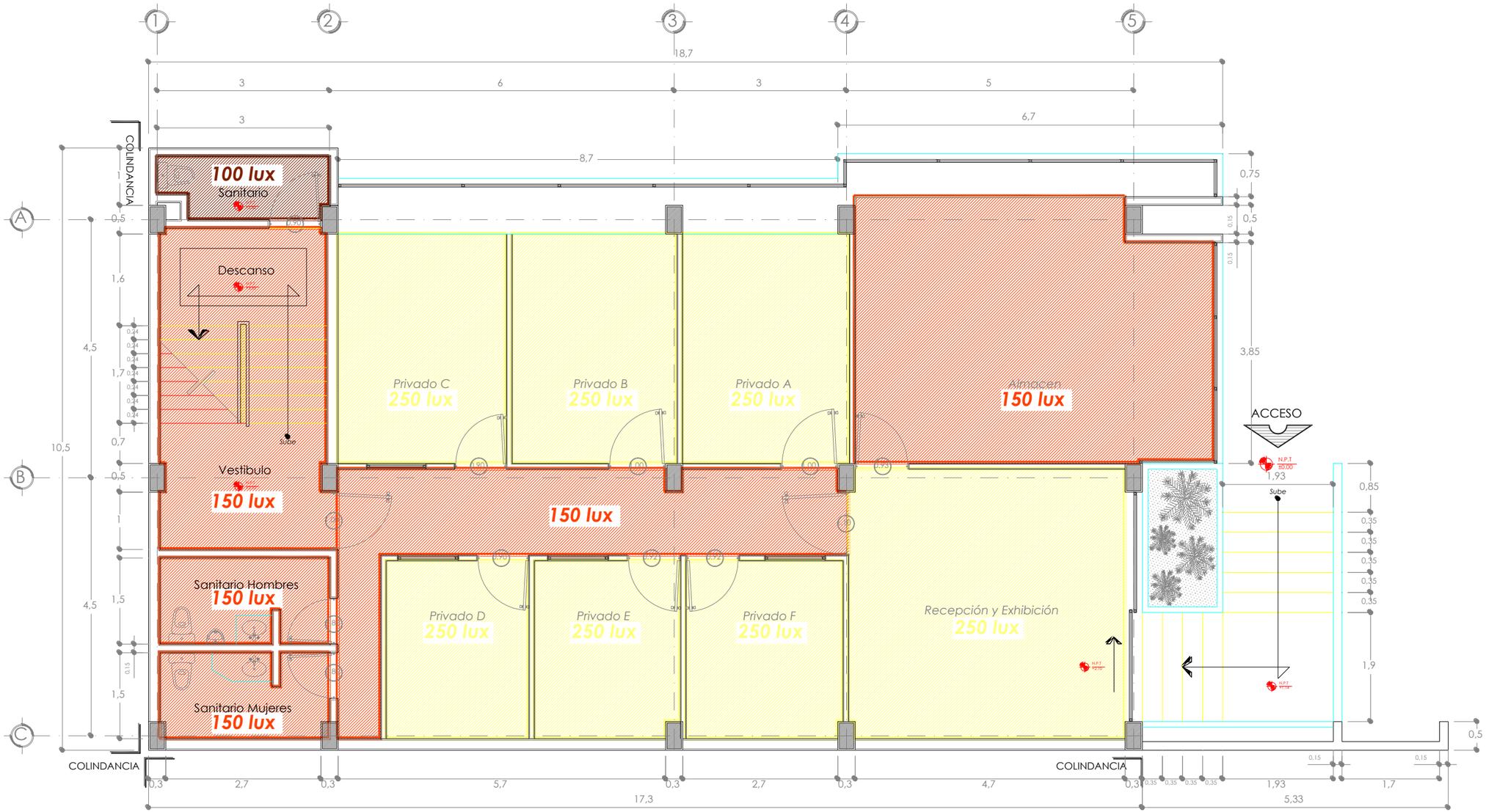
Nombre del plano:
Requerimientos de iluminación Estacionamiento

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

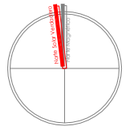
Clave de plano:
RI-01

Escala gráfica:
0 0.5 1.0 2.5 m
0.25 1.5 2.0

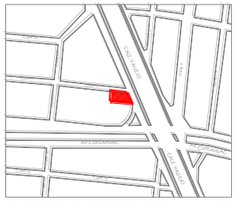


Requerimientos de iluminación Planta Baja

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- 100 Lux
- 150 Lux
- 200 Lux
- 250 Lux
- 300 Lux
- 350 Lux
- 400 Lux
- 450 Lux
- 500 Lux

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R, Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	18.30 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	16.17 m2
Oficinas	148.80 m2
TOTAL	201.75 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

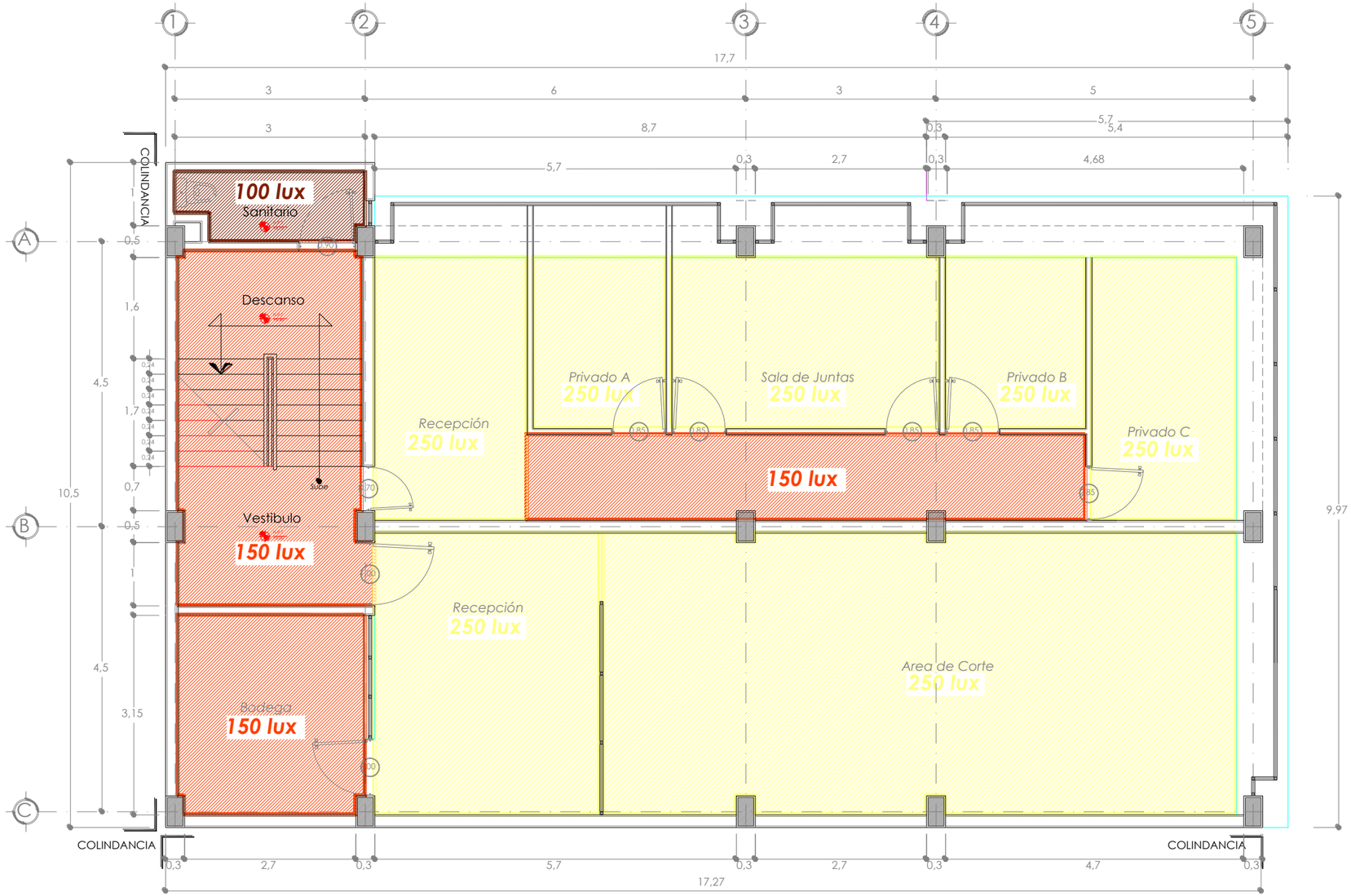
Nombre del plano: Requerimientos de iluminación Planta Baja

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

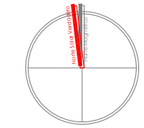
Clave de plano: RI-02

Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m

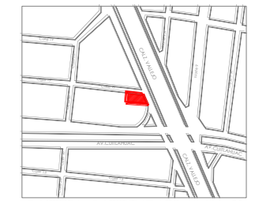


Requerimientos de iluminación Piso 1

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud: 19°28'25" Longitud: 99°08'47" Altitud: 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- 100 Lux
- 150 Lux
- 200 Lux
- 250 Lux
- 300 Lux
- 350 Lux
- 400 Lux
- 450 Lux
- 500 Lux

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y Circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

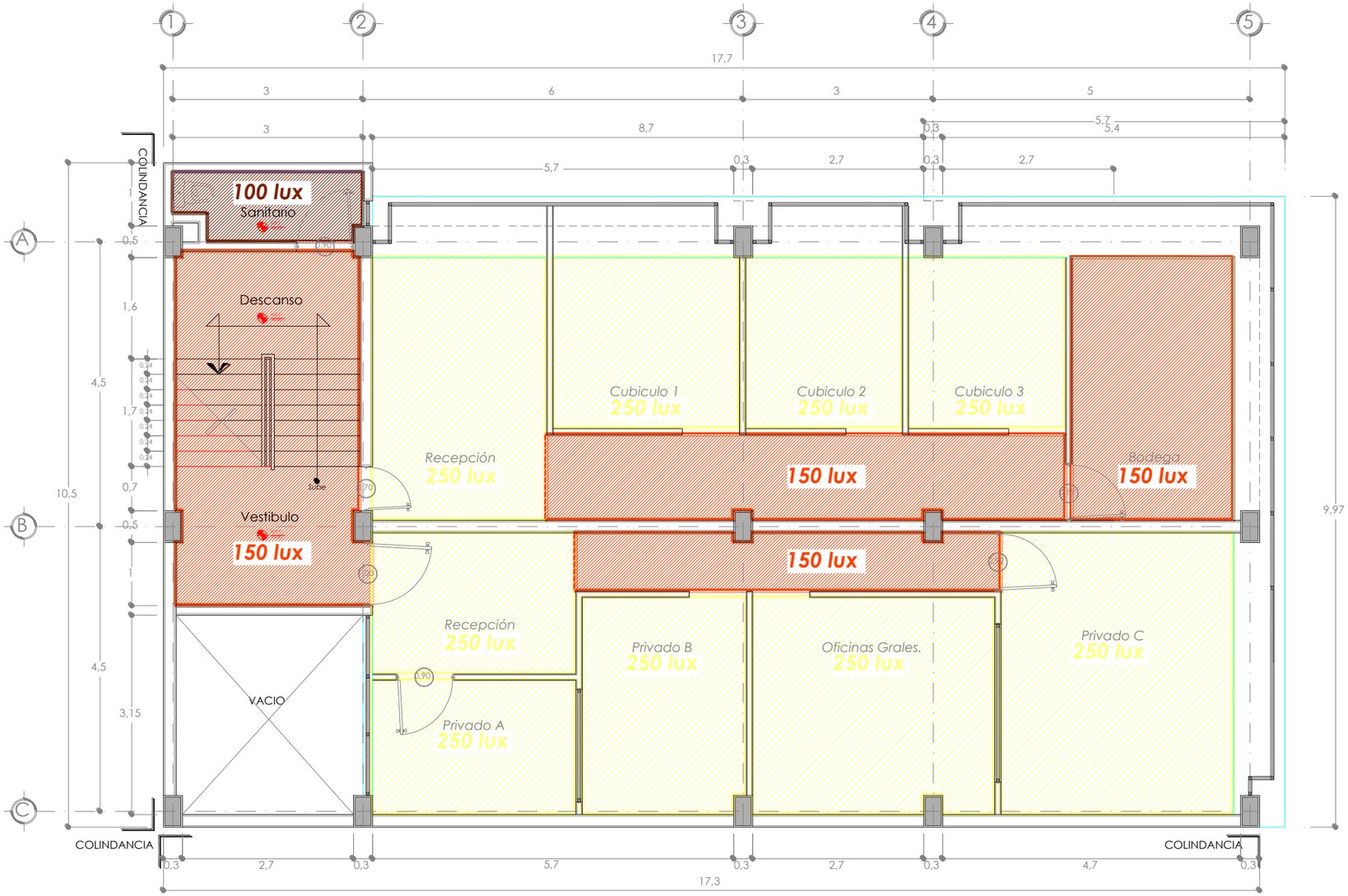
Nombre del plano: Requerimientos de iluminación Piso 1

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: RI-03

Escala gráfica:



Requerimientos de iluminación Piso 2

Orientación

Croquis de ubicación:

Simbología:

- 100 Lux
- 150 Lux
- 200 Lux
- 250 Lux
- 300 Lux
- 350 Lux
- 400 Lux
- 450 Lux
- 500 Lux

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecta

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

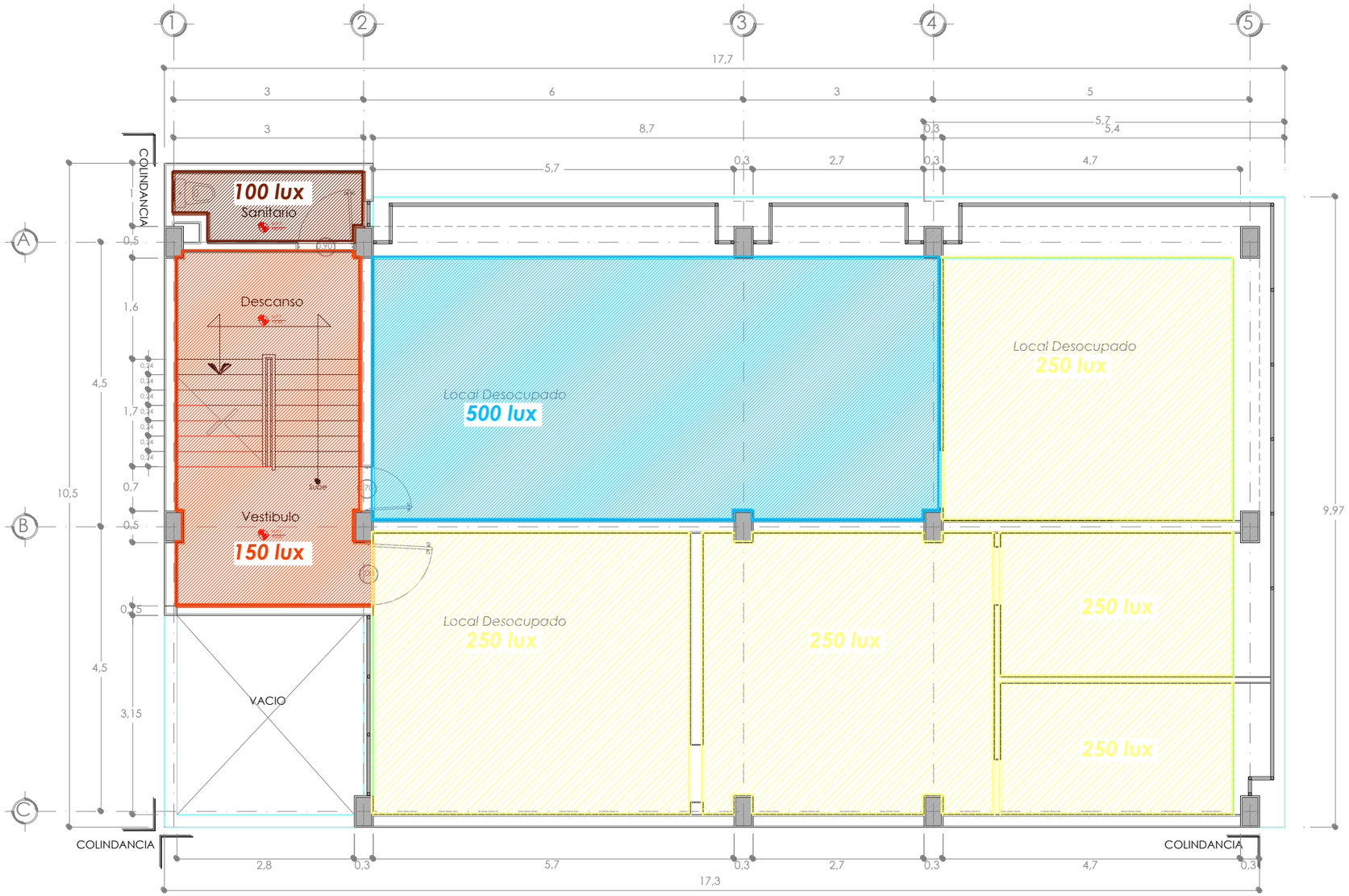
Nombre del plano: Requerimientos de iluminación Piso 2

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

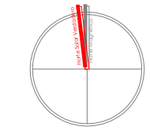
Clave de plano: RI-04

Escala gráfica:

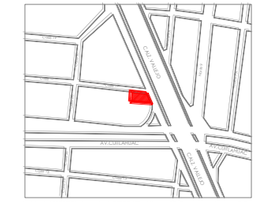


Requerimientos de iluminación Piso 3

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

- 100 Lux
- 150 Lux
- 200 Lux
- 250 Lux
- 300 Lux
- 350 Lux
- 400 Lux
- 450 Lux
- 500 Lux

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200Lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

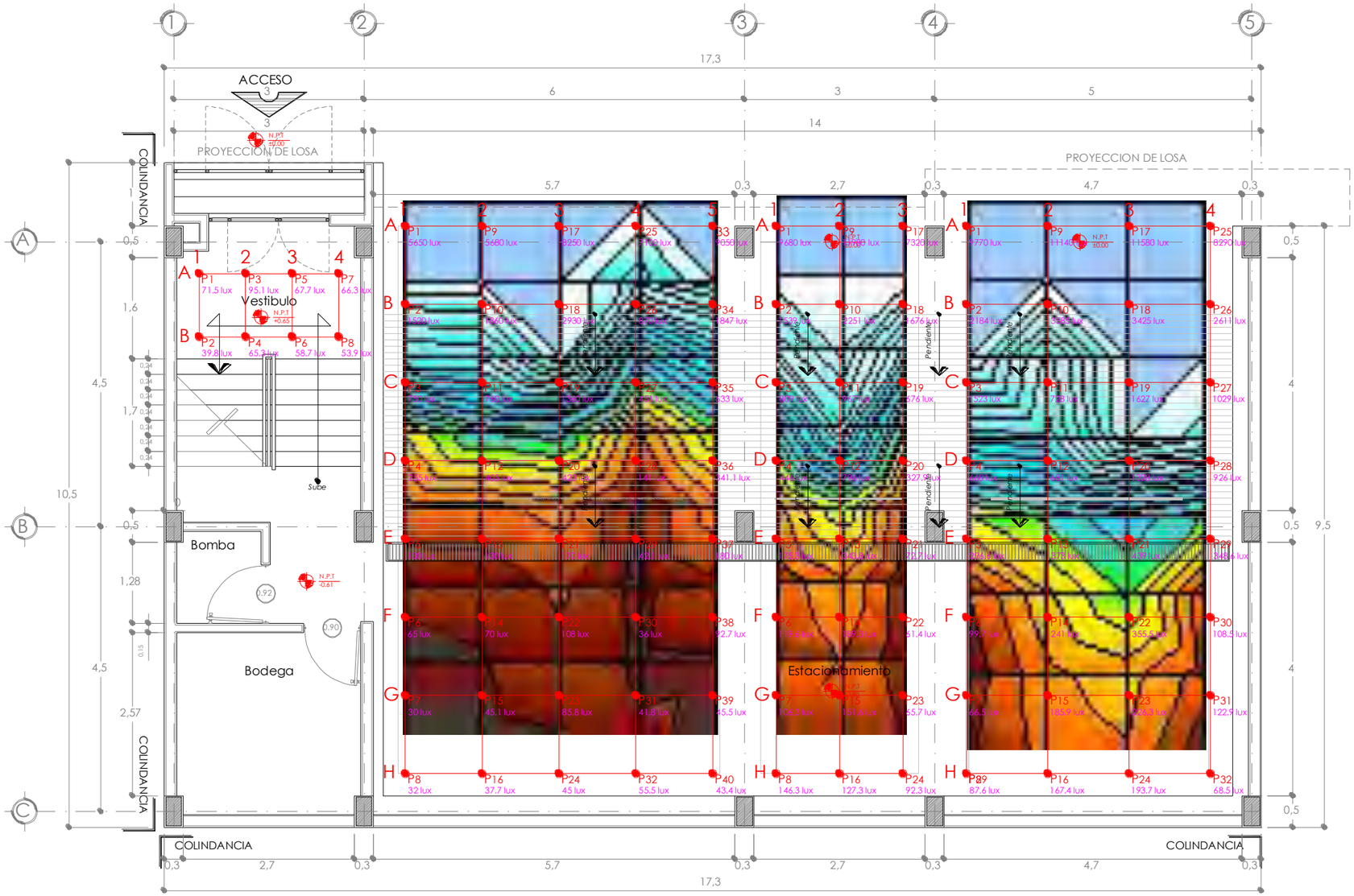
Nombre del plano: Requerimientos de iluminación Piso 3

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

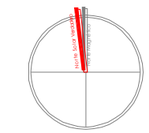
Clave de plano: RI-05

Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m

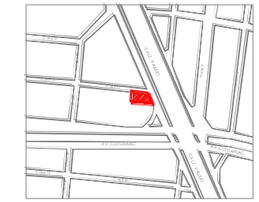


Niveles de Iluminancia Luz Natural Estacionamiento

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240msnm México, D.F.

Simbología:

ESCALA CROMATICA DE NIVELES DE ILUMINANCIA

NIVELES POR ARRIBA DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

+ 1000
951-1000
901-950
851-900
801-850
751-800
701-750
651-700
601-650
551-600
501-550
451-500
401-450
351-400
301-350

NIVELES POR DEBAJO DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

251-300
201-250
151-200
101-150
51-100
0-50

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipe Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Acceso	3.30 m2
Vestíbulo	6.93 m2
Escaleras	7.92 m2
Bomba	5.77 m2
Bodega	10.72 m2
Estacionamiento	133 m2
TOTAL	670.27m2

arquitecto

Diseño: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr. José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

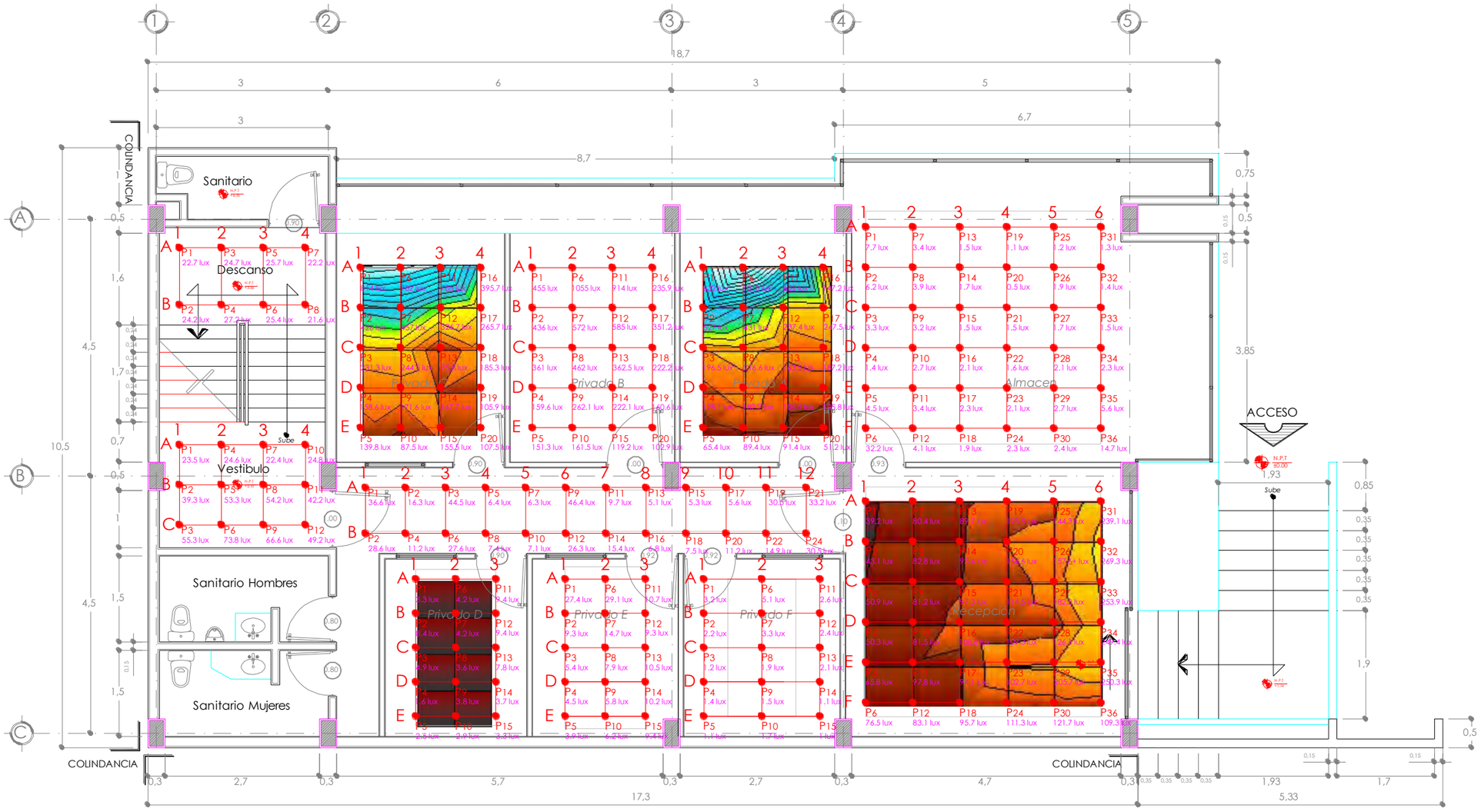
Nombre del plano: Niveles de Iluminancia Luz Natural Estacionamiento

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

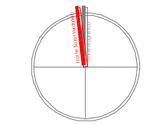
Clave de plano: NIN-01

Escala gráfica

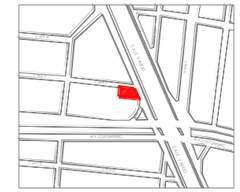


Niveles de Iluminancia Luz Natural Planta Baja

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°25'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240msnm México, D.F.

Simbología:

ESCALA CROMATICA DE NIVELES DE ILUMINANCIA

NIVELES POR ARRIBA DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

- + 1000
- 951-1000
- 901-950
- 851-900
- 801-850
- 751-800
- 701-750
- 651-700
- 601-650
- 551-600
- 501-550
- 451-500
- 401-450
- 351-400
- 301-350
- 251-300

NIVELES POR DEBAJO DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

- 201-250
- 151-200
- 101-150
- 51-100
- 0-50

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felip Munoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	18.30 m2
Vestíbulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	16.17 m2
Oficinas	148.80 m2
TOTAL	201.75 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr. José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

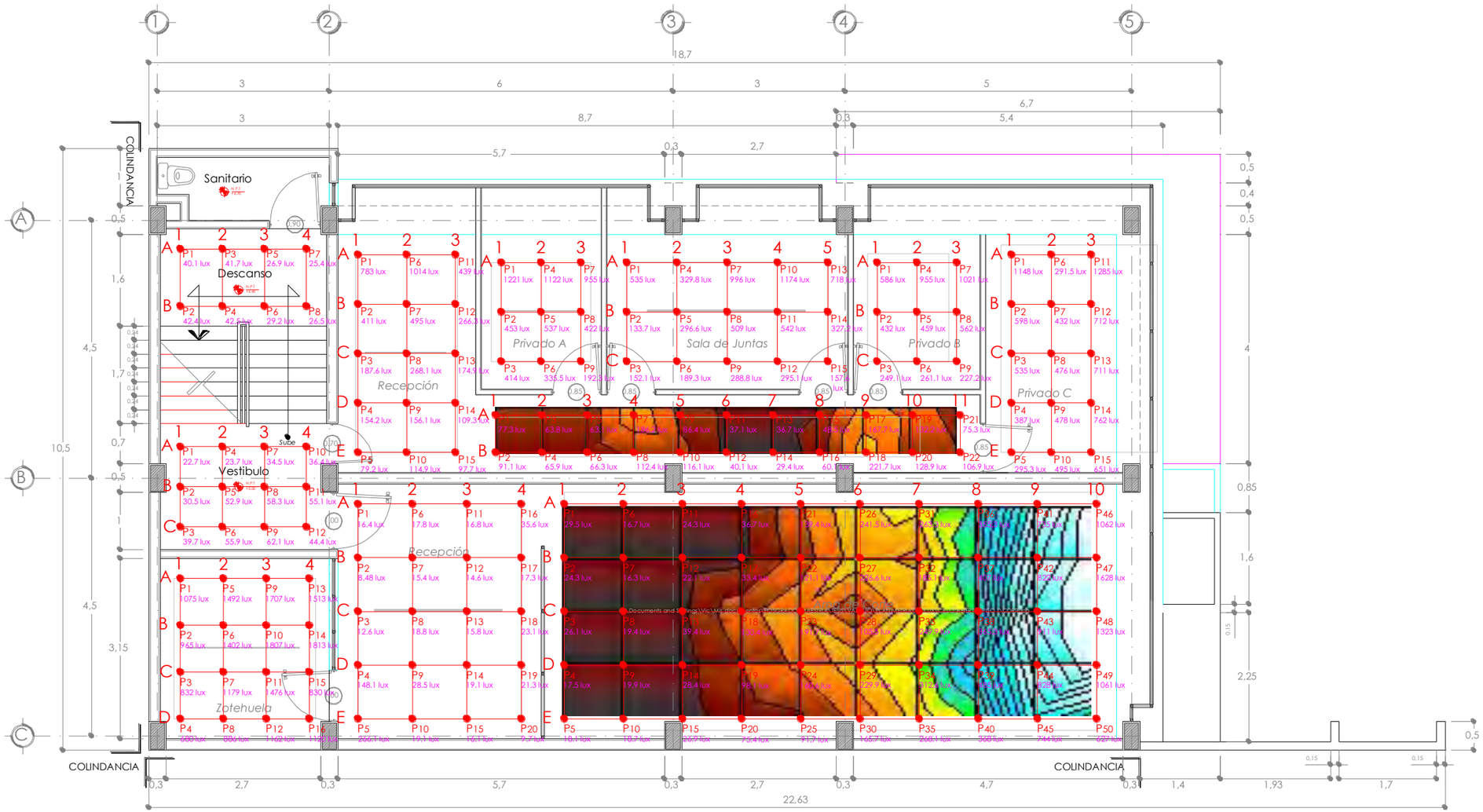
Nombre del plano: Niveles de Iluminancia Luz Natural Planta Baja

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

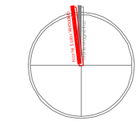
Clave de plano: NIN-02

Escala gráfica

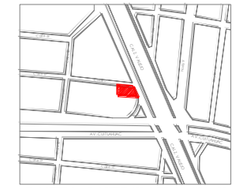


Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 1

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°25'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240mm México, D.F.

Simbología:

ESCALA CROMATICA DE NIVELES DE ILUMINANCIA

NIVELES POR ARRIBA DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

+ 1000
951-1000
901-950
851-900
801-850
751-800
701-750
651-700
601-650
551-600
501-550
451-500
401-450
351-400
301-350
251-300

NIVELES POR DEBAJO DE REQUERIMIENTO DE CONFORT

201-250
151-200
101-150
51-100
0-50

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Sala de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Diseño: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr. José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

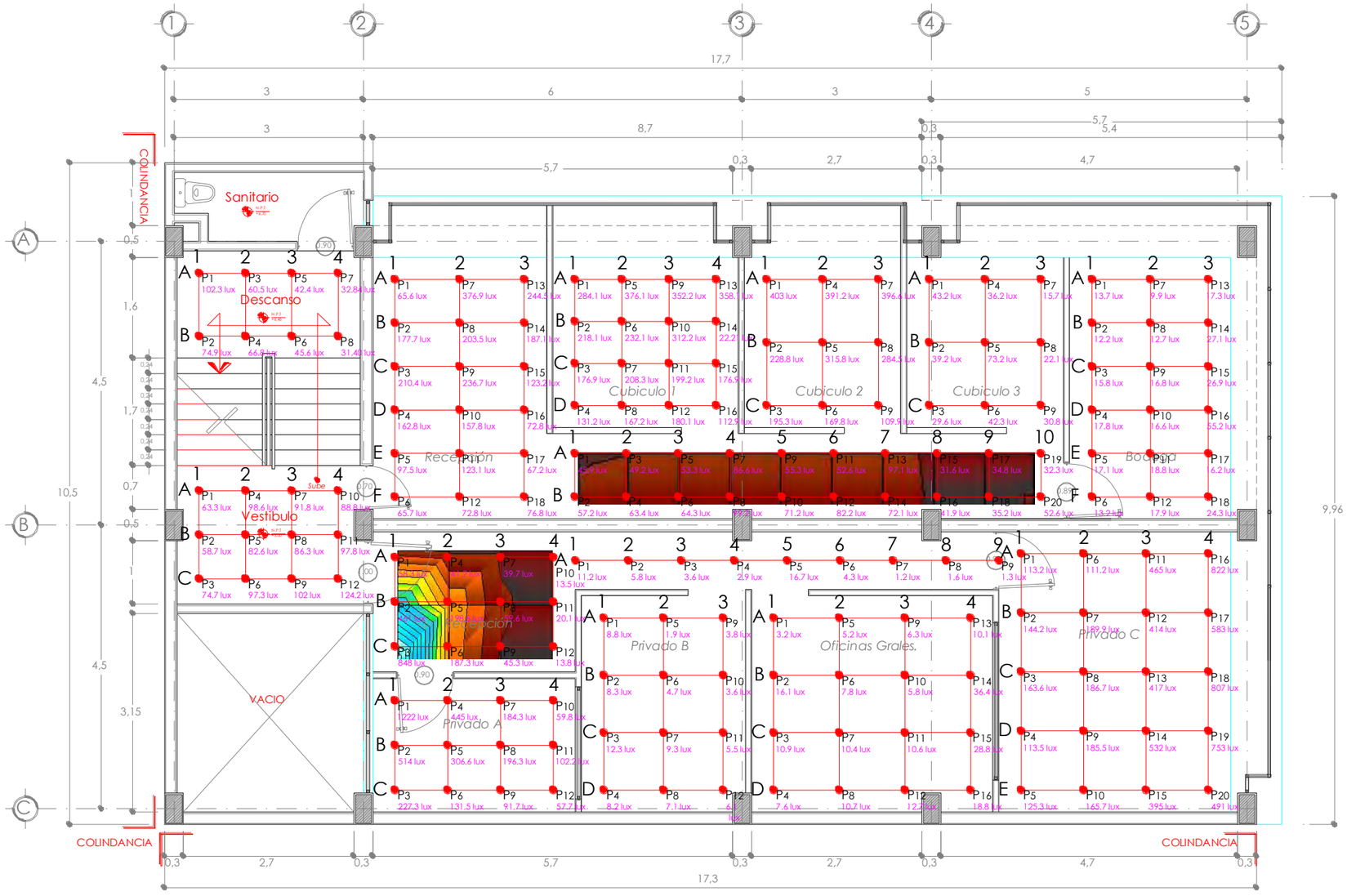
Nombre del plano: Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 1

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

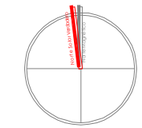
Clave de plano: NIN 03

Escala gráfica

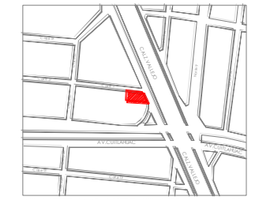


Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 2

Orientación



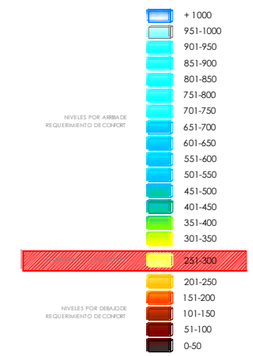
Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'22" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240msnm México, D.F.

Simbología:

ESCALA CROMATICA DE NIVELES DE ILUMINANCIA



Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestíbulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr. José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

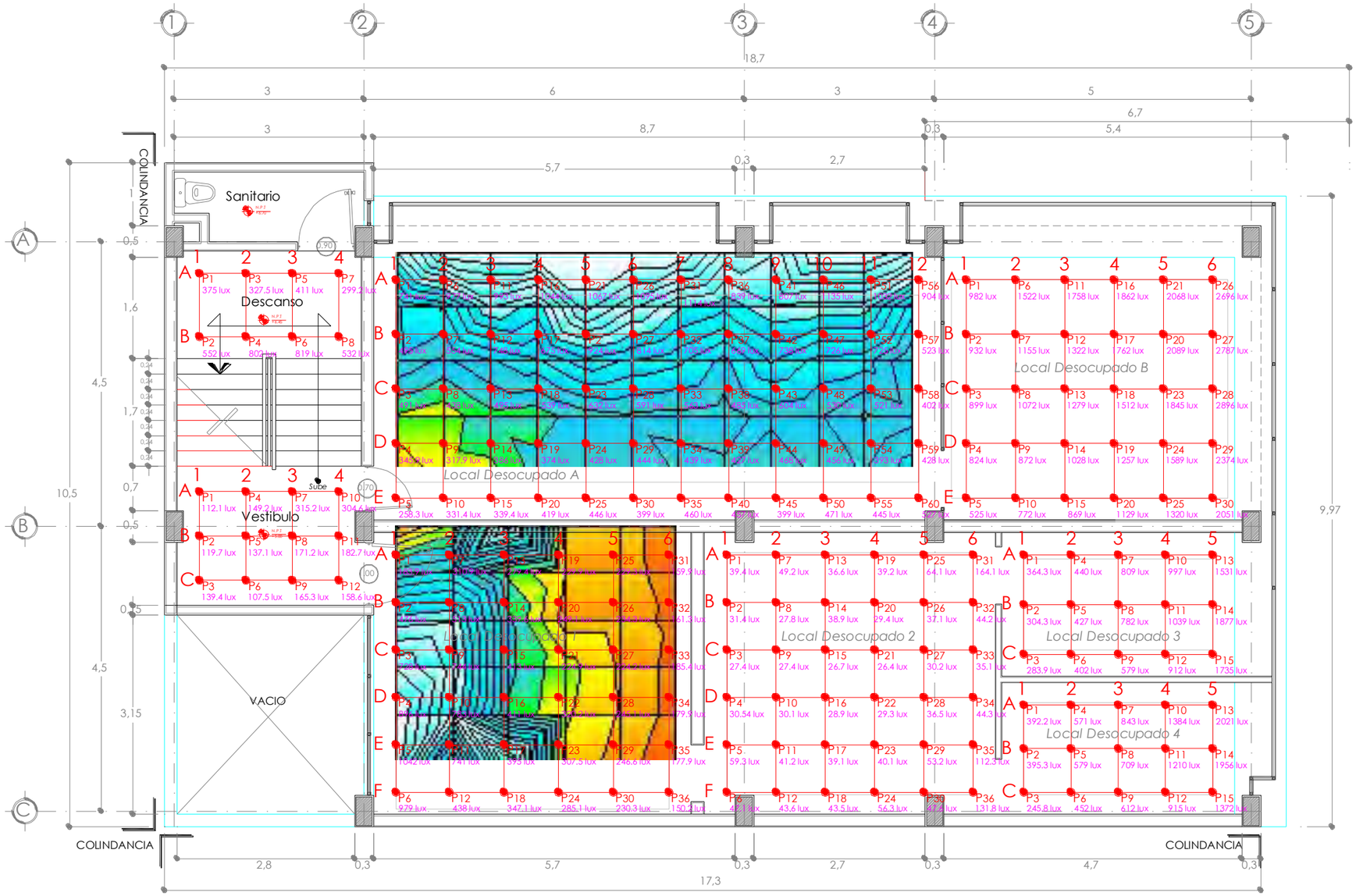
Nombre del plano: Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 2

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

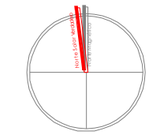
Clave de plano: NIN-04

Escala gráfica

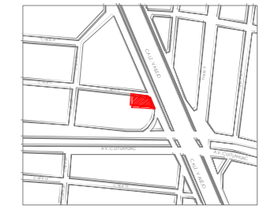


Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 3

Orientación



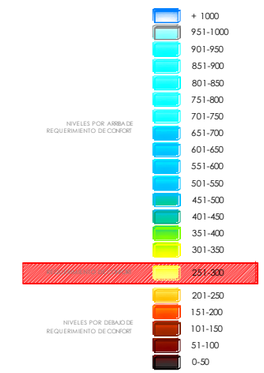
Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240msnm México, D.F.

Simbología:

ESCALA CROMATICA DE NIVELES DE ILUMINANCIA



Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCIÓN DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestíbulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Diseño:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis:
Dr. José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

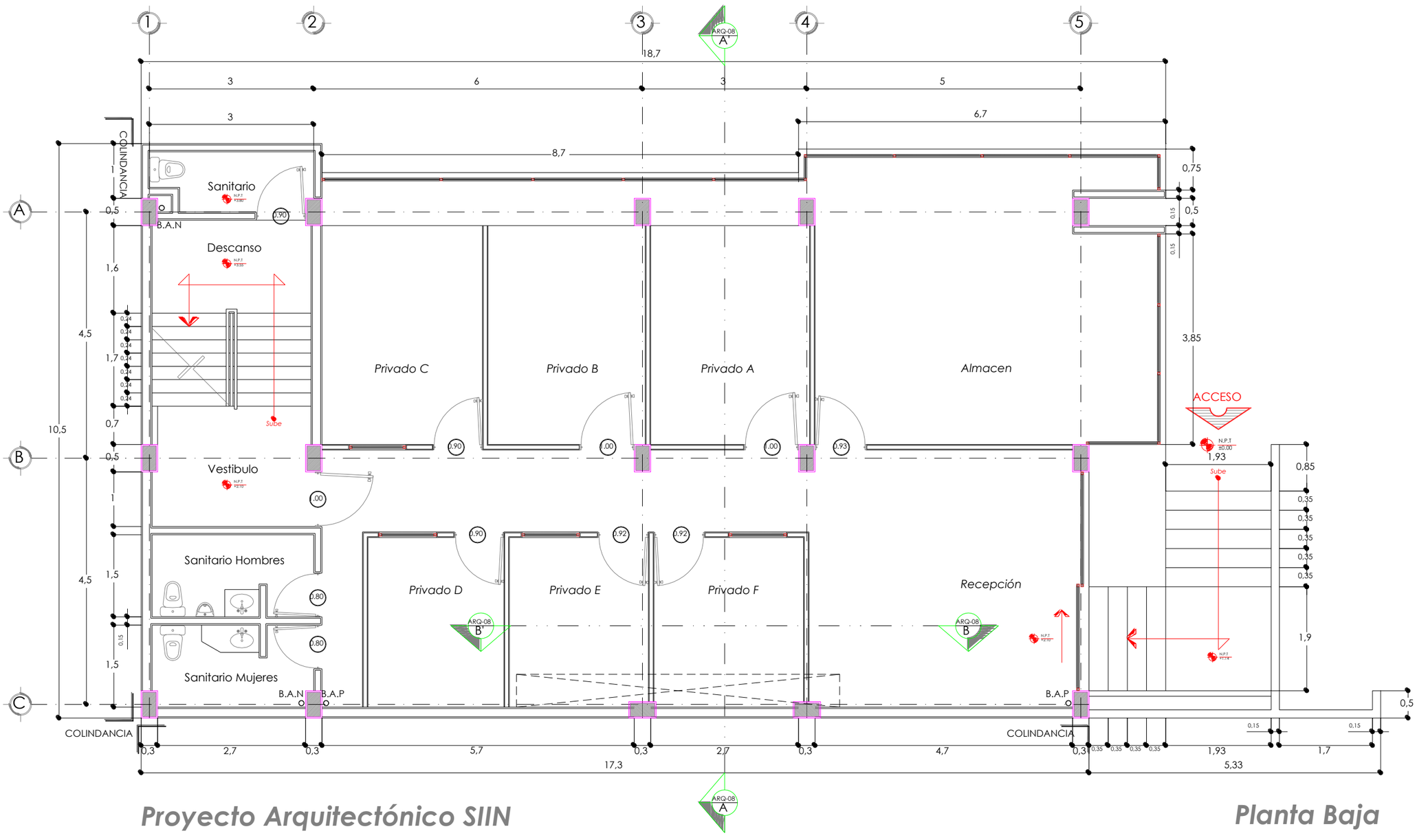
Nombre del plano:
Niveles de Iluminancia Luz Natural Piso 3

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
NIN-05

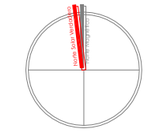
Escala gráfica:



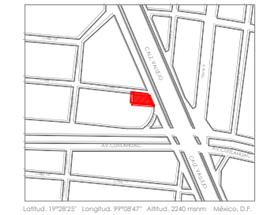
Proyecto Arquitectónico SIIN

Planta Baja

Orientación



Croquis de ubicación:



Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Acceso	18.30 m2
Vestíbulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	16.17 m2
Oficinas	148.80 m2
TOTAL	201.75 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

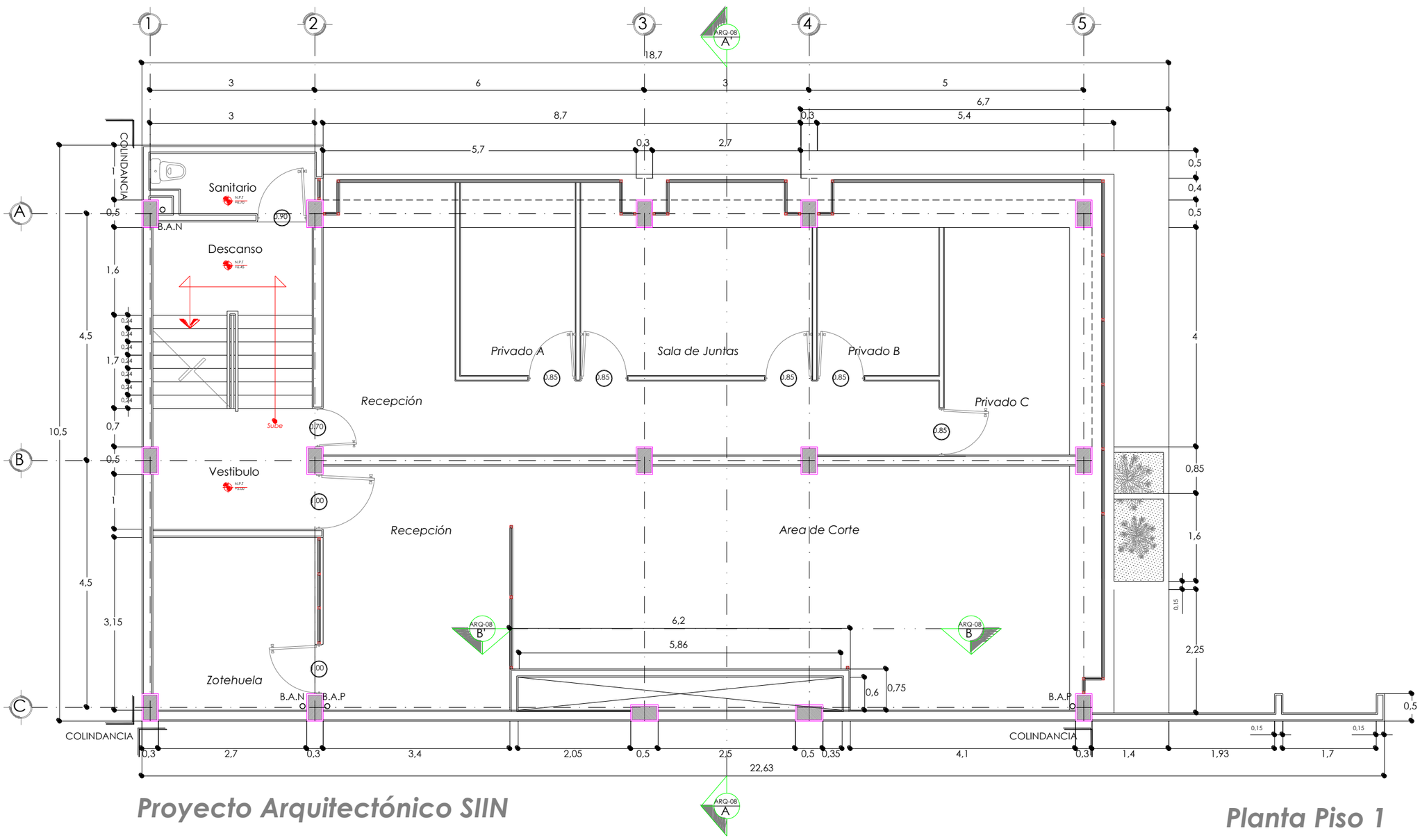
Nombre del plano: Planta Comercio

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-02

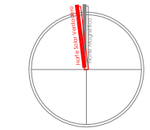
Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m



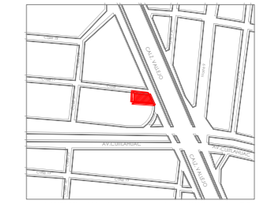
Proyecto Arquitectónico SIIN

Planta Piso 1

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200Lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de Tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

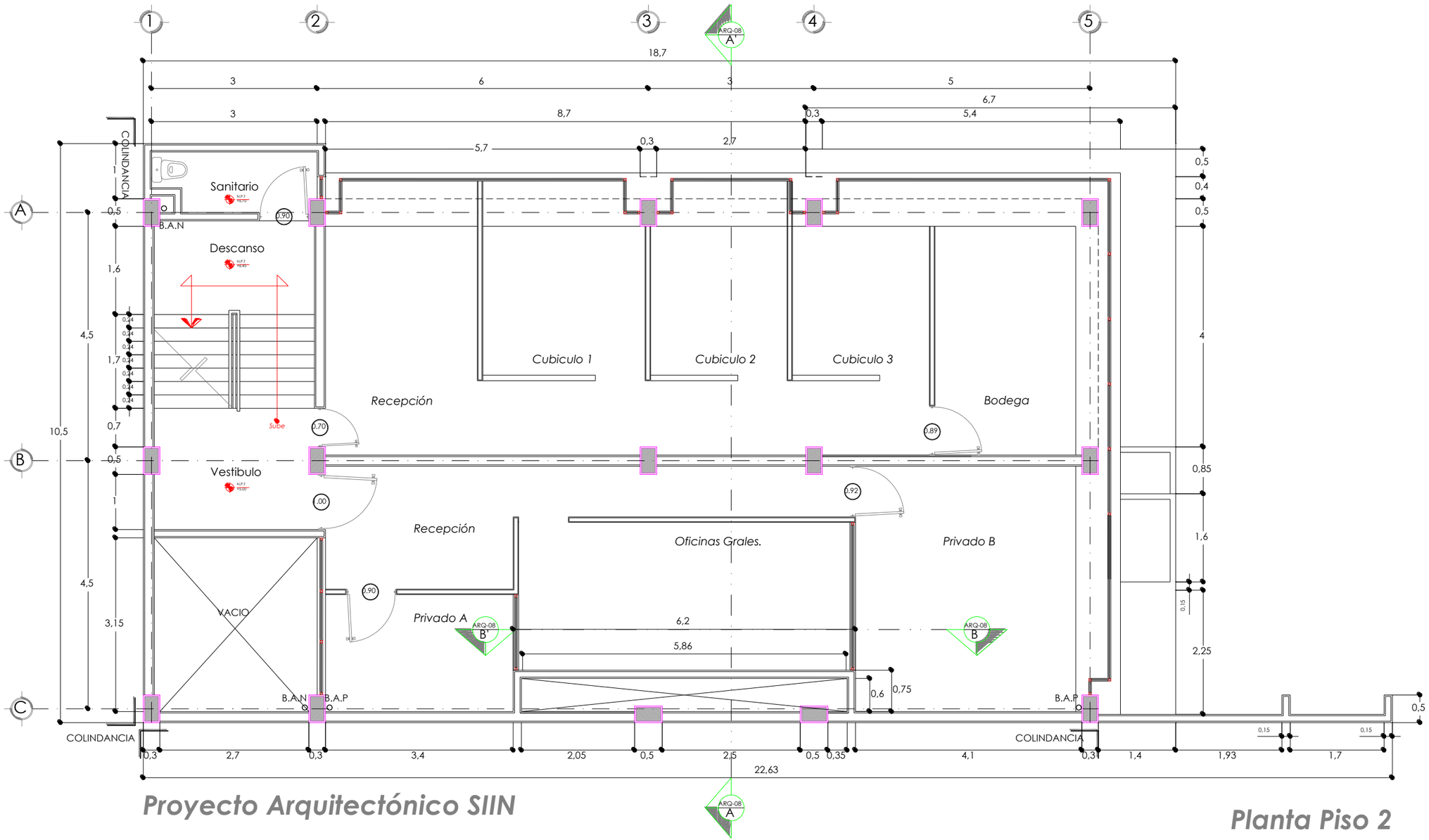
Nombre del plano: Planta Piso 1 Proyecto

Acotamiento: Metros

Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-03

Escala gráfica:

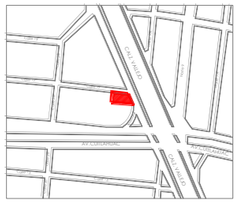


Proyecto Arquitectónico SIIN

Planta Piso 2

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	300 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús. Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. Garcia Chávez José R. Intiaducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Diseño:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor del Tema:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

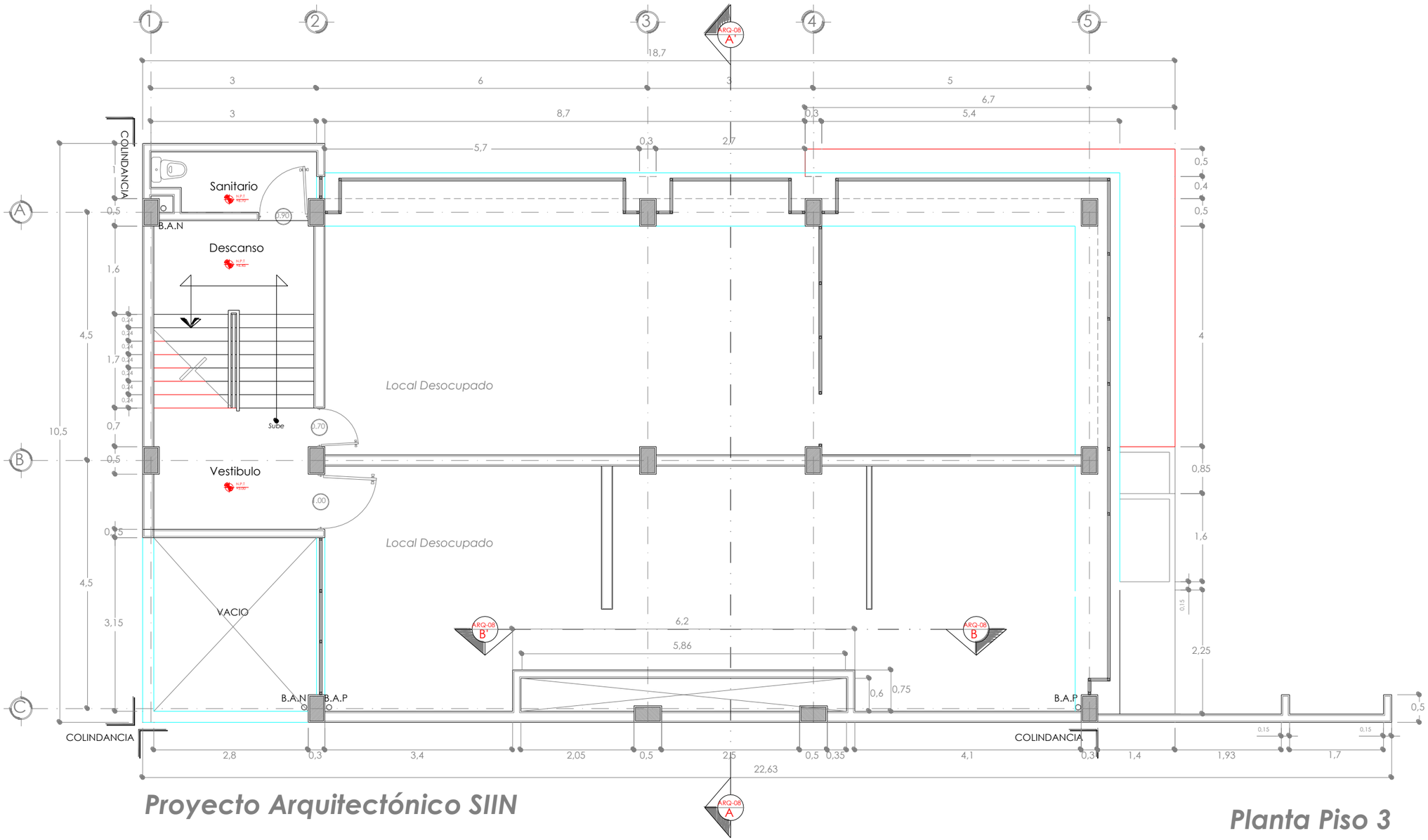
Nombre del plano:
Planta Piso 2 Proyecto

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-04

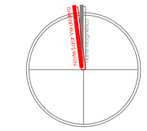
Escala gráfica:
0 0.5 1.5 2.5 m
0.25 1.0 2.0



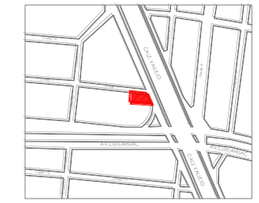
Proyecto Arquitectónico SIIN

Planta Piso 3

Orientación



Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	350 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	300 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Felipo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R, Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Areas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Oficinas	148.66 m2
TOTAL	183.26 m2

arquitecto

Dibujo:
Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de plano:
Dr.José Roberto García Chávez

Propietario:
Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación:
Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar
Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

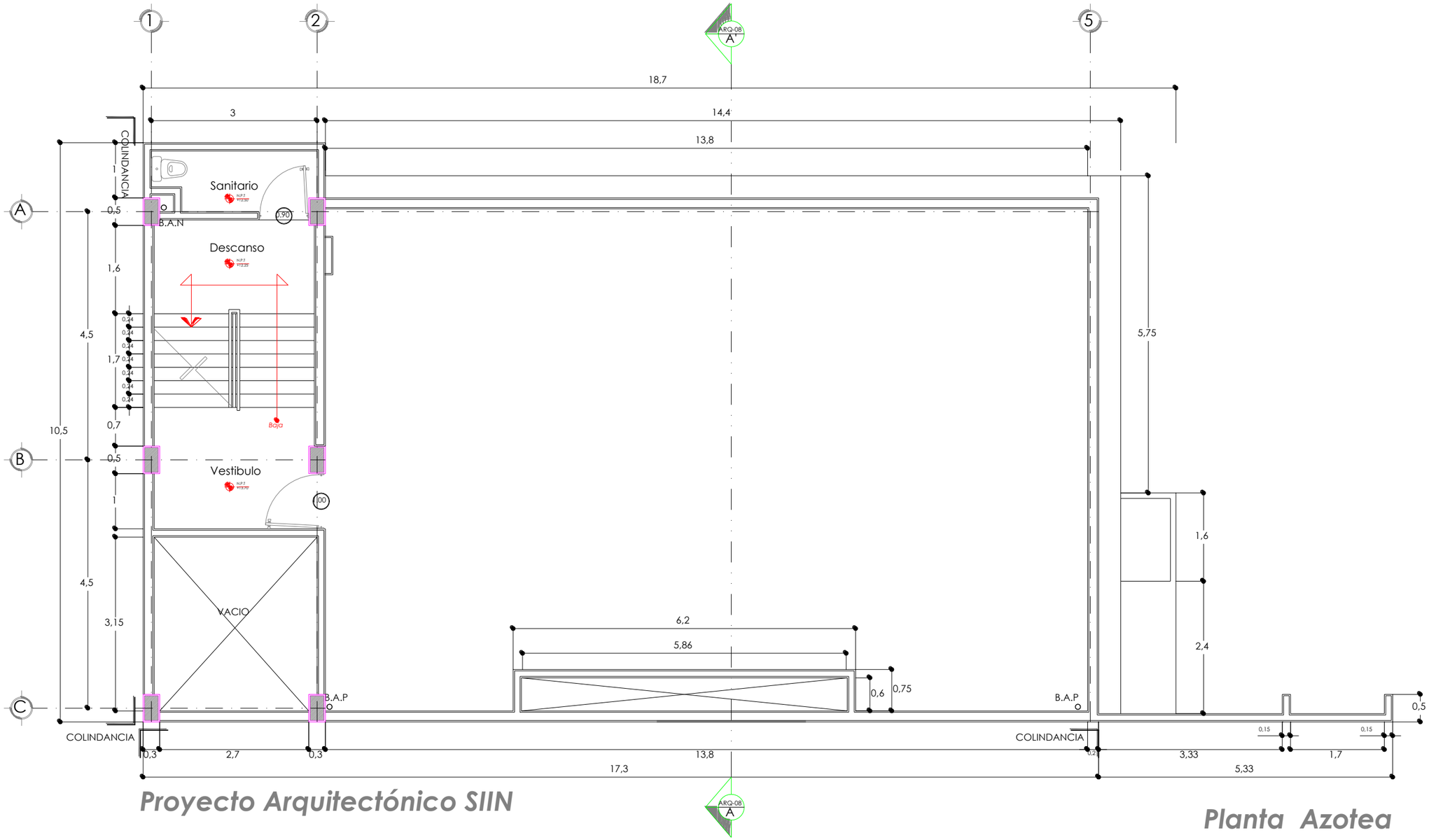
Nombre del plano:
Planta Piso 3 Proyecto

Acotamiento:
Metros

Escala:
1:75

Clave de plano:
ARQ-05

Escala gráfica:
0 0.5 1.5 2.5 m
0.25 1.0 2.0

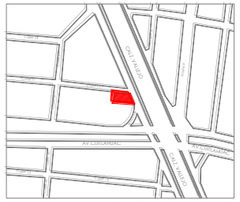


Proyecto Arquitectónico SIIN

Planta Azotea

Orientación

Croquis de ubicación:



Latitud. 19°28'25" Longitud. 99°08'47" Altitud. 2240 msnm México, D.F.

Simbología:

Requerimientos Lumínicos

DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Extensas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	==========	100 lux
Sanitarios	120 lux	==========	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

Cuadro de Áreas

Area libre	11.50 m2
Vestibulo	7.26 m2
Escaleras	11.22 m2
Sanitarios	4.62 m2
Azotea	135.66 m2
TOTAL	170.26 m2

arquitecto

Dibujo: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Calz. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

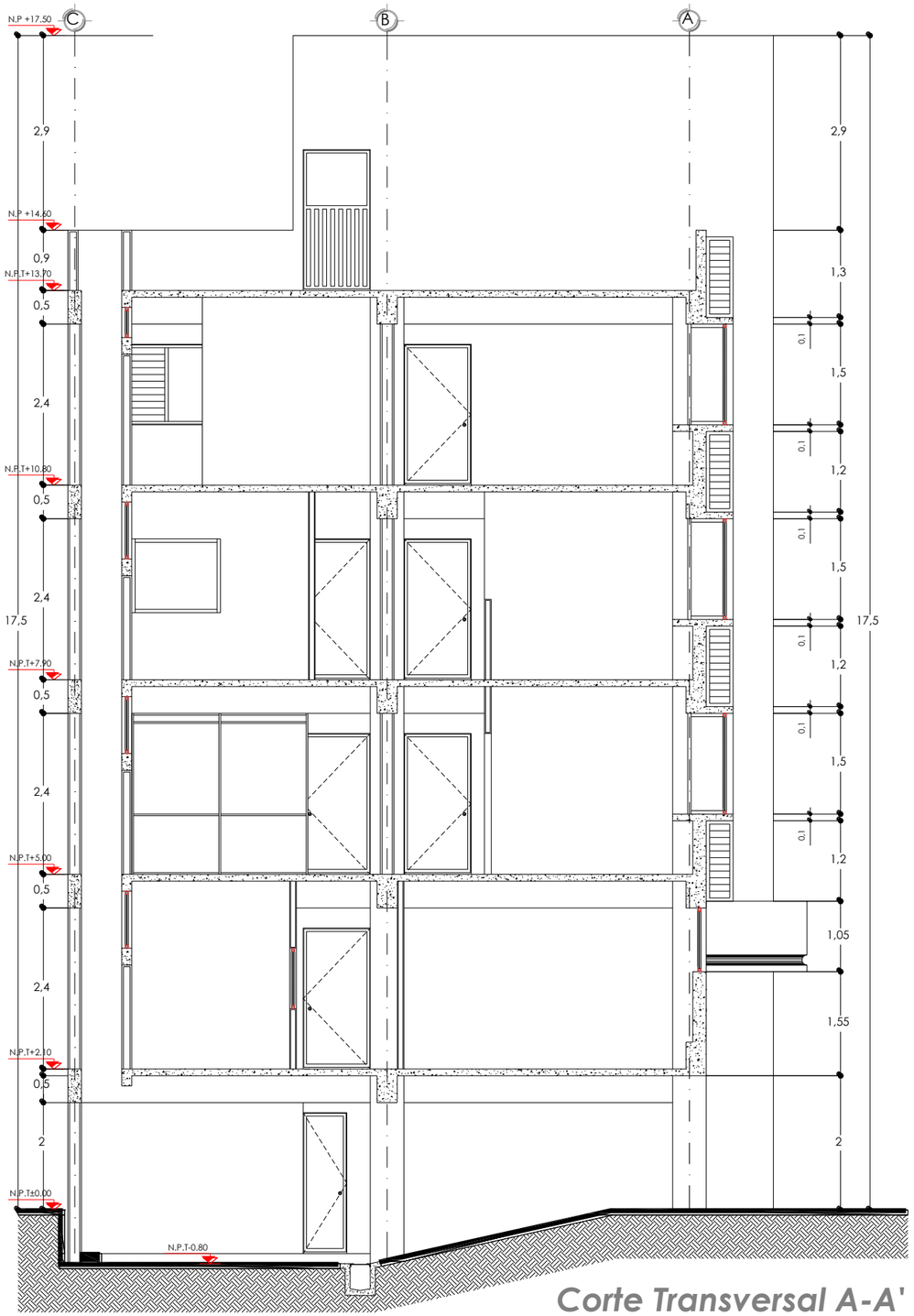
Nombre del plano: Planta Azotea Proyecto

Acotamiento: Metros

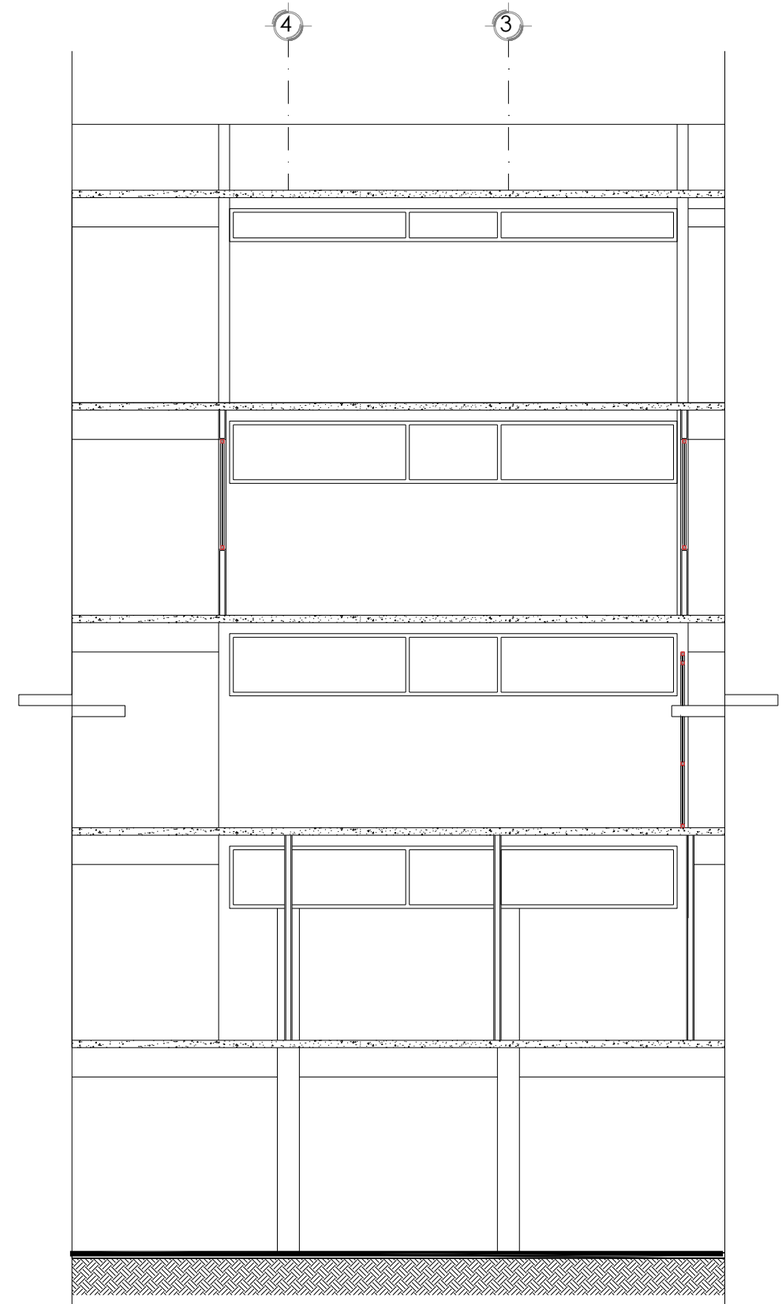
Escala: 1:75

Clave de plano: ARQ-06

Escala gráfica: 0 0.5 1.5 2.5 m

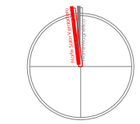


Corte Transversal A-A'

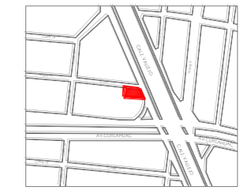


Corte Transversal B-B'

Orientación



Croquis de ubicación:



Simbología:

Requerimientos Lumínicos			
DESCRIPCION DEL LOCAL	FUENTE 1	FUENTE 2	FUENTE 3
Oficinas Normales	550 lux	500 lux	250 lux
Oficinas Generales Externas	750 lux	750 lux	500 lux
Salas de Conferencias	500 lux	300 lux	200lux
Archivos	100 lux	200 lux	200 lux
Pasillos y circulaciones	150 lux	----------	100 lux
Sanitarios	120 lux	----------	75 lux

FUENTE 1. Feijo Muñoz Jesús, Instalación de Iluminación en la Arquitectura.
FUENTE 2. García Chávez José R. Introducción a la Arquitectura Bioclimática.
FUENTE 3. Normas Tecnicas Complementarias del Distrito Federal.

arquitecto

Diseño: Arq. Víctor Hugo Rodríguez González

Asesor de tesis: Dr.José Roberto García Chávez

Propietario: Sra. Ninette Ríos Peña

Ubicación: Av. Vallejo No 489, Colonia Prohogar Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, México C.P 02600

Nombre del plano: Cortes Transversales Proyecto

Acotamiento: Metros

Clave de plano: ARQ-08

Escala: 1:75

Escala gráfica: 0 0.5 1.0 2.5 m

Proyecto Arquitectónico SIIN

ARQ. ESP. VICTOR HUGO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

INFORMACIÓN PERSONAL

- **Domicilio:** Mil cumbres 23. Col. Loma Bonita.
  Tlalnepantla Edo de Méx. CP 54120
- **Edad:** 31 años
- **Nacionalidad:** Mexicana
- **Lugar y Fecha de Nacimiento:** Distrito Federal, 31 de enero de 1981
- **Tel.** (55)5310-9826 y 5310-2340 Móvil 044 55 35715452
- **E-mail:** va_arquitecto@yahoo.com.mx, arq.vhrodriguezg@gmail.com
- **Cedula Profesional (Licenciatura):** 4900527
- **Cedula Profesional (Especialidad):** 5777342
- **CURP:** ROGV810131HDFDNC00
- **RFC:** ROGV810131 QPA

ESTUDIOS

LICENCIATURA, ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA

Universidad **A**utónoma **M**etropolitana Unidad **A**zcapotzalco
Av. San Pablo 180. Col. Reynosa Tamaulipas. Delegación Azcapotzalco CP 02200
México D. F.

Licenciatura en Diseño Arquitectónico Septiembre 2001 a Marzo 2006
- Proyecto de Restauración del Ex convento de Churubusco

Especialidad en Diseño *Septiembre 2006 a Julio 2007*
- Proyecto Sustentable de Escuela Rural

Maestría en Diseño Septiembre 2007 a Julio 2008
- Proyecto para el Aprovechamiento de Luz Natural

EXPERIENCIA PROFESIONAL

MARVA CONSTRUCCIONES *Octubre 2005 a Agosto 2006*
Av. Río Magdalena No 101-8 Col. Tizapan San Ángel. Del. Álvaro Obregón

Proyecto Arquitectónico, Residente de Obra y Auxiliar de analista de precios

TRABAJO INDEPENDIENTE *Septiembre 2005 a Octubre 2008*

Proyecto Arquitectónico

AUDITORÍA SUPERIOR DE LA FEDERACIÓN *16 de Octubre 2008 a la fecha*
Av. Coyoacán 1501, Col. Del Valle, C.P.03100, México D. F

Jefe de Departamento. (Octubre 2008 a la fecha)

Auditoría de obra pública, ejecución y supervisión

PUBLICACIONES

Análisis de Iluminación de un Edificio Comercial en la Ciudad de México para establecer Estrategias Generales de Diseño para el Aprovechamiento de Luz Natural.

XXXII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR
Memorias del Congreso, Mérida Yucatán Octubre 2008.